



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

“Capacidad fitoextractora de *Amaranthus hybridus* L. y micorrizas en suelos contaminados con metales pesados, Sector Shorey, Quiruvilca, Santiago De Chuco, La Libertad”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

AUTORA:

Cynthia Llanos Gosgot

ASESOR:

M. Sc. Fernando Ugaz Odar

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

TRUJILLO – PERÚ

2017

ÍNDICE

RESUMEN.....	5
ABSTRACT	6
I.INTRODUCCIÓN.....	7
1.1.Realidad Problemática	7
1.2.Trabajos previos.....	8
1.3.Teorías relacionadas al tema	11
1.4.Formulación del problema	20
1.5.Justificación del estudio.....	20
1.6.Hipótesis	21
1.7.Objetivos.	21
1.7.1.General.....	21
1.7.2.Específicos	21
II.MÉTODO.....	22
2.1.Fases de procesos	22
2.1.1.Esquema fases del proceso.....	22
2.2.Diseño de investigación.....	22
2.2.1.Esquema del diseño de investigación	23
2.3.Variables, operacionalización	23
2.3.1.Variables.....	23
2.3.2.Operacionalización	23
2.4.Población y muestra.....	25
2.4.1.Población	25
2.4.2.Muestra.....	25
2.4.3.Muestreo.....	25
2.5.Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.	26
2.5.1.Técnicas e instrumentos de recolección de datos	26
2.5.2.Validez y confiabilidad.....	27
2.6.Métodos de análisis de datos	27
III.RESULTADOS	28
IV.DISCUSIÓN	33
V.CONCLUSIONES.....	37
VI.RECOMENDACIONES.....	38
VII.REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	39
ANEXOS.....	44

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Estándar de Calidad para El Suelo	14
Tabla 2. Velocidad de infiltración en el suelo según la textura.....	16
Tabla 3. Clasificación del pH	19
Tabla 4. Operacionalización de variables	24
Tabla 5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	26
Tabla 6. Determinación y métodos de análisis del suelo	26
Tabla 7. Resultados del Análisis de caracterización del suelo	28
Tabla 8. Porcentaje de remoción de los metales pesados por grupo.....	29
Tabla 9. Porcentaje de incremento de los metales pesados por grupo.....	30
Tabla 10. Macro y Micro nutrientes encontrados en el suelo	31
Tabla 11. Comparación ECA-Suelo con los metales pesados	32
Tabla 12. Pruebas de normalidad.....	45
Tabla 13. Rangos de Mann-Whitney	46
Tabla 14. Prueba estadísticos de Mann-Whitney.....	46
Tabla 15. Indicadores Físicos.....	48
Tabla 16. Indicadores Químicos	49
Tabla 17. Dosis de agua requerido para el <i>Amaranthus hybridus</i> L. en el tratamiento.....	51
Tabla 18. Movilidad de los metales pesados en función a las condiciones de pH en el suelo.....	52
Tabla 19. Niveles de materia orgánica (%) según textura del suelo.....	52
Tabla 20. Concentración de los metales pesados en fertilizantes.....	52
Tabla 21. Concentraciones de los metales según la Norma Mexicana (NOM-147-SEMARNAT/SSA 1-2004.....	53
Tabla 22. Base de datos de los metales	54
Tabla 23. Análisis de los nutrientes del suelo	55
Tabla 24. Caracterización del suelo.....	56

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Porcentaje de remoción de los metales por grupo de estudio	29
Figura 2. Porcentaje de incremento de los metales por grupo de estudio	30
Figura 3. Diagrama de cajas de la capacidad fitoextractora de <i>Amaranthus hybridus</i> .L frente a los metales	47
Figura 4. Diagrama de cajas de la capacidad fitoextractora por grupo de estudio	47
Figura 5. Esquema de muestreo de suelos para áreas de forma irregular	51
Figura 6. Análisis de caracterización del suelo del sector Shorey	57
Figura 7. Identificación de la población	61
Figura 8. Especie <i>Amaranthus hybridus</i> . L del sector Shorey chico, distrito de Quiruvilca, provincia de Santiago de Chuco	62
Figura 9. Toma de la Muestra para los análisis	63
Figura 10. Semillas del <i>Amaranthus hybridus</i> .L	64
Figura 11. Micorrizas obtenidas de la raíz del <i>Medicago sativa</i>	64
Figura 12. Especie <i>Amaranthus</i> híbridos recién sembrada más micorrizas en el suelo contaminación por metales pesados.....	65
Figura 13. Especie <i>Amaranthus</i> híbridos a los tres meses de ser sembrada más micorrizas en el suelo contaminación por metales pesados.....	65
Figura 14. Especie <i>Amaranthus</i> híbridos a los tres meses y 2 semanas de ser sembradas más micorrizas en el suelo contaminado por metales pesados.....	66

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó con la finalidad remediar los suelos contaminados por metales pesados de la sierra de La Libertad, mediante el tratamiento de la especie *Amaranthus hybridus.L* en unión con las micorrizas. El tipo de diseño que tubo esta investigación fue un diseño cuasi experimental, con pre prueba- post prueba y grupo control. Con muestra de 5 puntos representativos de suelo contaminado con metales pesados de Shorey Chico. El método de procesamiento de análisis estadísticas fue en el Software IBM SPSS STATISTIC 23, utilizando la prueba de U-Mann Whitney para datos no paramétricos, para probar las hipótesis. La determinación de las concentraciones de la pre-prueba y la post-prueba de los metales pesados se realizó en el laboratorio Servicios Generales Analíticos S.A.C, con el método EPA-Method 200.7. En conclusión, el *Amaranthus hybridus L.* y las micorrizas poseen la capacidad de fitoextraer siete metales pesados que contaminan los suelos del sector Shorey chico, que son Sb, Cd, Hg, Cu, Sn, Ce, As con -44,05%, -42,15 %, -32,14%, -17,28 %, -15,67%, -13,36% y -9,12% de remoción respectivamente obteniendo la mayor fitoextracción el Sb y de menor el As, cabe recalcar que de los siete metales remediados solo tres considera el ECA-Suelo (D.S. N°002-2013-MINAM) que son Cd, Hg y As quienes han logrado disminuir sus concentraciones pero que aún el Cd y As siguen contaminando los suelos del Sector Shorey.

Palabras clave: Capacidad fitoextractora, metales, *Amaranthus hybridus.L*, micorrizas.

ABSTRACT

The present research work was carried out with the purpose of remedying the soils contaminated by heavy metals from the Sierra de La Libertad, by treating the *Amaranthus hybridus.L* species in conjunction with the mycorrhizae. The type of design that this research pipe was a quasi-experimental design, with pre-test-post test and control group. With sample of 5 representative points of soil contaminated with heavy metals of Shorey Chico. The statistical analysis processing method was in the IBM SPSS STATISTIC 23 Software, using the U-Mann Whitney test for nonparametric data, to test the hypotheses. The determination of the concentrations of the pre-test and the post-test of the heavy metals was carried out in the laboratory General Analytical Services S.A.C, with the method EPA-Method 200.7. In conclusion, *Amaranthus Hybridus L.* and mycorrhizae have the ability to fitoextract seven heavy metals that contaminate the soils of the Shorey Chico sector, which are Sb, Cd, Hg, Cu, Sn, Ce, As with -44.05%, -42.15%, -32.14%, -17.28%, -15.67%, -13.36% and -9.12% removal, respectively, obtaining the highest phytoextraction in Sb and lowest in As, It should be noted that of the seven metals remediated only three considers the ECA-Suelo (DS N ° 002-2013-MINAM) that are Cd, Hg and As who have managed to reduce their concentrations but that even the Cd and As continue to contaminate the soils of the Sector Shorey.

Key words: Phytoextracting capacity, metals, *Amaranthus hybridus.L*, mycorrhizae.

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad Problemática

Durante años las actividades mineras es una actividad más que el ser humano desarrolla para su subsistencia, toda aquella actividad, así como genera beneficios económicos llega a alterar el ambiente, desde lo más mínimo hasta grandes impactos significativos. El hombre y sus actividades viene alterando el ambiente desde que ha sido capaz de ello, modificando los cuerpos naturales como el suelo, agua y aire, por la obtención de metales pesados como plata (Ag), cadmio (Cd), cobalto (Co), cobre (Cu), hierro (Fe), plomo (Pb), cinc (Zn), arsénico (As), entre otros. (Acevedo, 2016, p.57)

En todas las actividades que se desarrollan en una minería generan residuos de diferente índole especialmente ricos en metales pesados, estos son depositado en las superficies ocasionando daños a todo tipo de ecosistemas. (Hernández, 2011, p.86)

La contaminación por metales pesados ha perjudicado drásticamente el suelo, alterando y generando limitaciones físicas (textura, estructura, estabilidad y disponibilidad de agua; químicas (alteración del pH, déficit de nutrientes y exceso de metales tóxicos y biológicas (eliminación de microorganismos del suelo y organismos); teniendo como efecto suelos infértiles, desertificados, no aptos para la agricultura, pierde los minerales que posee el mismo, etc. (Ortiz *et al.* 2009, p. 59)

El Perú no es la excepción, se tiene problemas ambientales perjudicando el equilibrio de la naturaleza y la salud, conllevando a las personas a obtener enfermedades, o hasta incluso la muerte. El distrito de Shorey, provincia de Quiruvilca, departamento La Libertad ubicado a una Latitud sur: 8°0' 49,12" con longitud oeste: 78° 19' 47,4", a una altitud de 3 784 m.s.n.m; (DePerú, 2017) la minería que se ejecuta está contaminado los suelos, acumulando metales pesados, llevando al suelo a una descertificación y degradación parcial o total; todo ello perjudica la flora y fauna que se genera en dicha

zona y la empresa minera no realiza actividades para remediar el suelo contaminando.

Es por ello que se dice que la remediación del suelo es uno de los retos principales que hoy en día se está viviendo, por la cual la Fito remediación es una alternativa para reducir los niveles tolerables de metales pesados mediante el cultivo de plantas. Por lo cual, este proyecto de investigación busca la manera de reducir o solucionar parte de la problemática de la contaminación del suelo por presencia de metales pesados mediante la biotecnología fitoextracción utilizando una especie de planta llamado *Amaranthus hybridus*. L y el hongo (micorrizas).

1.2.Trabajos previos

Según Ortiz [et al]. (2009) es su trabajo experimental: “Fito-extracción de plomo y cadmio en suelos contaminados utilizando quelite (*Amaranthus hybridus* L.) y micorrizas en la Comarca Lagunera, México”; quienes tuvieron por objetivo evaluar la capacidad extractora del plomo (Pb) y cadmio (Cd) del quelite al ser adicionadas cierta cantidad de micorrizas arbusculares de ellas con: *Entrophospora columbiana*, *Glomus intraradices*, *G. etunicatum*, *G clarum* al ser sembradas en los sustratos contaminado con Pb o Cd.

Esta investigación tuvo un diseño experimental de bloques al azar con cuatro repeticiones, en la cual realizó 2 experimentos, uno con plomo (Pb) y el otro de cadmio (Cd); en el primer experimento le adicionaron tres cantidades de micorrizas de 0; 2.5 y 5.0 g. Kg⁻¹ en los suelos que fueron contaminados con 300 mg.kg⁻¹ de Pb; en el segundo experimento se adicionaron las mismas cantidades de micorrizas que en el primer experimento, con suelos contaminado 15 mg.kg⁻¹ de cadmio (Cd).

Los resultados obtenidos en las concentraciones de plomo (Pb) y cadmio (Cd) que fueron evaluados en la raíz, hoja y tallo a los 65, 95 y 125 días de

edad de la planta se analizaron en un espectrofotómetro de absorción atómica. Obteniendo como resultado final que al adicionar las micorrizas arbusculares al *Amaranthus hibridus* L incrementó significativamente ($P<0.05$) la concentración de Pb y Cd en la raíz, tallo y hoja del quelita; también llegan a la conclusión que las concentraciones de los metales pesados se incrementan conforme la edad de la planta.

Según, Paiva (2012) en su proyecto de investigación: “Fitorremediación de suelos contaminados con plomo utilizando *Amaranthus Spinosus*–*Amaranthaceae* en Cusco”, cuyo objetivo general es evaluar la capacidad de absorción y acumulación de plomo por la raíz, tallo, hojas e inflorescencia del *Amaranthus spinosus* quien fue sometido a diferentes concentraciones de plomo (Pb). Tiene un diseño experimental bloques randomizados con arreglo factorial de 3 x 4 con 4 repeticiones; sus análisis estadísticos lo realizaron mediante el software IBM SPSS Statistics Versión 20, aplicando la varianza factorial ANOVA, la comparación de sus análisis lo realizaron mediante la prueba de Tukey.

La realización de su experimento se desarrolló en uno de los invernaderos de la Facultad de Ciencias Biológicas de la UNSAAC, sembrándose en macetas conteniendo suelo con textura franco según sus estudios realizados, dichos suelos fueron contaminado con 0, 200, 400 y 600 ppm de Pb. Kg⁻¹ partiendo del acetato de plomo (CH₃-COO)₂. Al transcurrir los veinte días de ocurrido la contaminación procedieron a trasplantar las pequeñas plantas de *Amaranthus spinosus*, donde colocaron una planta por cada maceta, una vez trasplantadas comenzaron las observaciones de los factores ambientales y el desarrollo de las plántulas; culminándose los ciento treinta y seis días de floración, sacar la planta, quien fue separado en cuatro partes (raíz, tallo, hojas e inflorescencia), para ser analizado en la Espectrometría de Absorción Atómica (EAA).

Se obtuvieron como resultados finales que al realizar el análisis de varianza la prueba “F” muestra alta significancia para el factor A (partes de la planta) y para el factor B (concentraciones de plomo) y en la interacción de ambos

factores (A*B) no muestra significancia. Es por ello que concluyen que el *Amaranthus spinosus* llegó a acumular en mayor proporción en las raíces hasta en la más alta concentración del metal (600 ppm de Pb/Kg de suelo) con una media de 6.37 mg/ Kg. de materia seca y, con una acumulación total de 40 mg/kg de materia seca.

Según, Morelos [et al]. (2017) en su trabajo de investigación “Arbuscular mycorrhizal fungi and their involvement in the production and management of neotropical forest species with emphasis on Meliaceae in Tuxtlas” nos menciona que los beneficios de las micorrizas (AMF) son importantes ya que ayuda a la planta obtener nutrientes y la protegen de cualquier enfermedad que le puede provocar el suelo y otros factores que pueden perjudicar a las plantas. Analizaron diferentes tipos de manejo de AMF en el rendimiento de las especies forestales tropicales, como el cedro rojo (*Cedrela odorata* L) y la caoba (*Swietenia macrophylla* K). Tomaron muestras de suelo de 20 cm de profundidad del perfil del suelo en las pantas de caoba de hojas grandes y árboles maduros, así mismo evaluaron el % de colonización de AMF.

Los resultados obtenidos luego de realizar su experimento fue que se registraron 23 morfoespecies de AMF presentes en 4 géneros identificándose a nivel de especies.

Llegando a las conclusiones que mayor % de colonización micorrízica ($P < 0,01$) tiene las plantas de sorgo que fueron inoculadas con suelo de rizósfera de árboles de hoja grandes que de las que fueron inoculadas con suelo rizósfero de plántulas. También nos dice que 23 morfoespecies de AMF incluidas los géneros *Glomus*, *Acaulospora*, *Gigaspora* y *Ambispora* tuvieron una gran asociación con el suelo de la rizósfera de los árboles de caoba, encontrándose 2 veces mayor diferentes especies de AMF que en arboles maduros. Pocos AMF se obtuvieron cuando se emplearon métodos de cultivo de las trampas.

Según Moreno (2010) en su investigación “Plant-Based Methods For Remediating Arsenic-Polluted Mine Soils In Spain en Madrid”. Su objetivo principal fue analizar el comportamiento de las plantas nativas mediterráneas frente al arsénico, la transferencia del elemento desde el suelo minero a las plantas y evaluar la utilidad para la fitorrecuperación de suelos contaminados con arsénico (As).

Su experimento consistió a varias escalas de trabajo: I (hidroponía para el control donde evaluaron la resistencia y la acumulación de As en los arbustos mediterráneos), II (corto plazo, macetas con contenido de suelo donde estudiaron la fracción de fito disponibilidad), III (experimentos de macetas a largo plazo con contenidos de suelos donde estudiaron dinámica suelo-planta, la transferencia de As a las plantas y los efectos del cultivo de plantas sobre el suelo) y IV (ensayos de campo donde evaluaron destino en condiciones reales, factores que afectan su movilidad, la transferencia a las plantas, y la eficiencia de los procedimientos de re vegetación). Los resultados obtenidos fueron que los mejores efectos estuvieron las especies *R. Sphaerocarpa* y *Myrtus communis*, mientras que en la especie *T. gallica* no se obtuvieron resultados favorables al utilizar la planta indujo efecto favorable en el suelo, mejorando el C, N y las actividades enzimáticas que se produce en el suelo, en cambio en la prueba de campo la especie *R. sphaerocarpa* mostro mayor supervivencia que la especie *Rosmarinus Officinalis* quien sobrevivió en suelos con pH> 4.

Esto les permitió llegar a la conclusión que el establecimiento de la planta indujo un efecto positivo en el suelo calidad, mejora de C, N y actividad enzimática en suelos. De la misma manera nos dice que la transferencia de suelo a planta de arsénico (As) fue baja.

1.3. Teorías relacionadas al tema

1.3.1. El suelo

Es un espacio importante donde se desarrollan diferentes actividades, ya sea para los seres vivos y las plantas, es un recurso que actúa

como regulador natural controlando el traslado de los elementos (N, P, K etc.), sustancia a la biota y depósitos de nutriente (Paiva, 2015, p.163)

A. Nutrientes del suelo

El C, H y O: constituyen cerca del 90 % del tejido vegetal. Son obtenidos del aire y agua.

- **Macronutrientes:** son requeridos por las plantas en cantidades altas estos son:
 - primarios: Nitrógeno, Fósforo y Potasio
 - secundarios: Calcio, Magnesio, Azufre
- **Micronutrientes:** Aparecen en contenidos menores, estos son: Boro, Cloro, Cobre, Hierro, Manganeso, Molibdeno, Níquel y Zinc.
son esenciales para algunas especies el sodio. Silicio, cobalto, vanadio. (ALFARO, 2015, p.7)

1.3.2. La contaminación

Es la incorporación de sustancias tóxicas al ambiente, perjudicando a los seres vivos y los ecosistemas, en algunos casos el grado de afección dependerá del tipo de ecosistemas en el que se genera la contaminación. Existen diferentes tipos de contaminación que dependen de determinados factores que afectan de distinta manera a cada recurso natural ya sea suelo, agua y aire. (Bermúdez, 2010, p.25)

Por ejemplo los contaminantes que son bioacumulados es un problema altamente significativo ya que tienen efectos irreversibles, quien llega a manifestarse a largo plazo, pero ciertos organismos vivos llegan a transformar dichos contaminantes para su propio beneficio, en cambio otras no; este problema es considerado como una epidemia silenciosa por lo que la población lo ignora, lo mismo sucede con la contaminación por los metales pesados, en varios

casos el daño causado es tan severo y con ausencia de síntomas. (Trinidad, 2006, p.50)

1.3.3. Contaminación del suelo

Es aquello que altera las propiedades fisicoquímicas y biológicas, modificando su equilibrio biogeoquímico superando aquella capacidad que tiene de amortiguar para una o varias sustancias, de lo que es un sistema protector pasa a causar problemas para el agua, la atmósfera y los organismos vivos. (Crosara, 2007, p.74)

1.3.3.1. Suelos contaminados por fertilizantes

La utilización de fertilizantes es uno de los factores que contaminan y degradan el suelo, muchos de estos fertilizantes aumentan las concentraciones de los metales pesados perjudicando así a las plantas y al suelo. (CARRASCO Adriana *[et al]*, 2008, p. 69) (anexo tabla18)

1.3.3.2. Suelos contaminados por metales pesados

Se genera por los elementos químicos que tienen una densidad alta y toxicidad en concentraciones incluso muy bajas para el ser humano y todo ser vivo; los metales pesados están divididos en dos grupos los micronutrientes que son necesarios en mínimas cantidades para los organismos, pero tóxicos cuando tiene mayores cantidades: níquel (Ni), selenio (Se) y cinc (Zn). cromo (Cr), arsénico (As), boro (B), cobalto (Co), cobre (Cu), molibdeno (Mo), manganeso (Mn), y sin función biológica estos son altamente tóxicos, dentro de ellos encontramos al antimonio (Sb) y bismuto (Bi), bario (Ba), cadmio (Cd), mercurio (Hg). (Navarro *et al*, 2007, p.16)

Tabla 1. Estándar de Calidad para El Suelo

N°	Parámetros	Uso del Suelo			Métodos de ensayo
		Suelo Agrícola	Suelo Residencial/ Parques	Suelo Comercial/Industrial/ Extractivos	
I	Orgánicos				
1	Benceno (mg/kg MS)	0,03	0,03	0,03	EPA 8260-B EPA8021-B
2	Tolueno (mg/kg MS)	0,37	0,37	0,37	EPA 8260-B EPA 8021-B
3	E tilbenceno (mg/kg MS)	0,082	0,082	0,082	EPA 8260-B EPA 8021-B
4	Xileno (mg/kg MS)	11	11	11	EPA 8260-B EPA 8021-B
5	Naftaleno (mg/kg MS)	0,1	0,6	22	EPA 8260-B
6	Fracción de hidrocarburos F1 (C5-C10) (mg/kg MS)	200	200	500	EPA 8015-B
7	Fracción de hidrocarburos F2 (C10-C28) (mg/kg MS)	1 200	1 200	5 000	EPA 8015-M
8	Fracción de hidrocarburos F3 (C28-C40) (mg/kg MS)	3 000	3 000	6 000	EPA 8015-D
9	Benzo (a) pireno (mg/kg MS)	0,1	0,7	0,7	EPA 8270-D
10	Bifenilos policlorados - PCB (mg/kg MS)	0,5	1,3	33	EPA 8270-D
11	Aldrin (mg/kg MS) ₍₁₎	2	4	10	EPA 8270-D
12	Endrín (mg/kg MS) ₍₁₎	0,01	0,01	0,01	EPA 8270-D
13	DDT (mg/kg MS) ₍₁₎	0,7	0,7	12	EPA 8270-D
14	Heptacloro (mg/kg MS) ₍₁₎	0,01	0,01	0,01	EPA 8270-D
II	Inorgánicos				
15	Cianuro libre (mg/kg MS)	0,9	0,9	8	EPA 9013-A/APHAWW AWEF 4500 CN F
16	Arsénico total (mg/kg MS) ₍₂₎	50	50	140	EPA 3050-B EPA 3051
17	Bario total (mg/kg MS) ₍₂₎	750	500	2 000	EPA 3050-B

	MS) ₍₂₎				EPA 3051
18	Cádmio total (mg/kg MS) ₍₂₎	1,4	10	22	EPA 3050-B EPA 3051
19	Cromo VI (mg/kg MS)	0,4	0,4	1,4	DIN 19734
20	Mercurio total (mg/kg MS) ₍₂₎	6,6	6,6	24	EPA 7471-B
21	Plomo total (mg/kg MS) ₍₂₎	70	140	1 200	EPA 3050-B EPA 3051

Fuente: D.S. N°002-2013 MINAM – Perú

1.3.3.3. Metales tóxicos en el suelo

Metales tóxicos como el Pb, Hg, Cd, Ni, V, Cr, Cu, Al, As o Ag, son tóxicos si están en concentraciones altas, en especial sus iones y compuestos.

Si bien es cierto muchos de estos metales son micronutrientes para los seres vivos (plantas, animales y hombre) y deben ser absorbidos por las raíces de las plantas y formar parte del alimento de los animales, pero por motivos antrópicas o naturales se llegan a acumular en concentraciones altas en los suelos, aguas o en los seres vivos convirtiéndose en sustancias tóxicas peligrosas. (ECHARRI, 2010, p.1)

1.3.4. Movilidad en el suelo de los metales pesados

Los comportamientos de los metales pesados presentes en el suelo no se comportan como elementos estáticos inalterables, sino tienen una pauta de su movilidad. Las dinámicas de estos metales pesados son en cuatro vías:

- Movilización a las aguas superficiales o subterráneas.
- Transferencia a la atmósfera por volatilización.
- Absorción por las plantas e incorporación a las cadenas tróficas.
- Retención de metales pesados en el suelo de distintas maneras: disueltos o fijados, retenidos por adsorción, complicación y precipitación. (Mejía, 2011, p. 12)

1.3.5. Velocidad de infiltración en el suelo según textura

Nos indica la capacidad del suelo de absorber agua, esta será más rápida en suelos arenosos y más lenta en los arcillosos, a un comienzo la velocidad de infiltración es más rápida, pero si seguimos aportando agua, llega un momento en que esta velocidad es más o menos constante, es por lo que se le conoce como velocidad de infiltración. Otro aspecto que destacan con la velocidad de infiltración es el contenido de humedad del suelo. De esta misma manera tenemos factores que afectan a la velocidad de infiltración del suelo (TRACXO, 2010)

- Compactación del suelo
- Sales del suelo y agua
- Sedimentos en el agua de riego
- Materia orgánica y rotación de cultivos
- Sellamiento superficial
- Textura del suelo.

Tabla 2. Velocidad de infiltración en el suelo según la textura

Velocidad de infiltración	
Muy arenoso	20 - 25 mm/h
Arenoso	15 - 20 mm/h
Limo-arenoso	10 - 15 mm/h
Limo-arcilloso	8 - 10 mm/h
arcilloso	<8 mm/h

Fuente: Revista Traxco

1.3.6. La Fitorremediación de suelos

Es una alternativa sostenible para remediar el suelo, para recuperar parte del suelo se utilizan plantas (flora arbórea, arbustiva, herbácea) y algas, quienes tienen la capacidad de almacenar y eliminar sustancias tóxicas, principalmente metales pesados mediante sus procesos metabólicos, por lo que son consideradas plantas hiper acumuladoras.

Existen diferentes formas de fitorremediación que son aplicables a los suelos que están contaminados con metales pesados: fitoextracción, fitoestabilización, fitodegradación, fitovolatilización, fitorrestauración. (Coto, 2012, p.11)

1.3.7. La fitoextracción

También conocida como fitoacumulación, consiste en la absorción de metales contaminantes mediante las raíces de las plantas y su acumulación en tallos y hojas; se utiliza como la rehabilitación que depende de dos factores como la disponibilidad de los metales, así como de la calidad de las plantas, dichas plantas absorben y trasladan los metales pesados desde las raíces hasta las hojas de las plantas. (Coto, 2012, p.11). Estas plantas que son utilizadas son cosechadas normalmente y se incinera, raramente se recicla o se usa debido a su carga contaminante. (Feriverphy, 2012, p.1)

1.3.8. Plantas acumuladoras de metales pesados

Son las que desarrollan un mecanismo biológico que les permite sobrevivir o adaptarse en suelos ricos en metales pesados, tanto naturales como antrópicas. Existen plantas que tienen mecanismos extremadamente especializados que les permiten acumular o hiper acumular metales en sus hojas, hasta alcanzar concentraciones superiores al 2% de su materia seca ejemplo de ello tenemos la planta *Amaranthus hybridus L*, dicha especie ha demostrado ser 40 veces más efectiva que sus competidores en absorber, mientras que si unimos dicha especie con hongos (micorrizas) tienen la capacidad de absorber mayor cantidad de metal pesado. (Pérez, 2012, p.3)

1.3.8.1. Absorción de metales pesados en las plantas.

Plantas que han desarrollado mecanismos específicos para absorber y acumular los metales pesados, tienen un comportamiento electroquímico similar a los elementos nutritivos requeridos. “La absorción de metales pesados por las plantas es generalmente el primer paso de su entrada en

la cadena alimentaria. La absorción y posterior acumulación dependen de:

- El movimiento de los metales desde la solución suelo a la raíz de la planta.
- El paso de los metales por las membranas de las células corticales de la raíz.
- El transporte de los metales desde las células corticales a la xilema desde donde la solución con metales se transporta de la raíz a los tallos.
- La posible movilización de los metales desde las hojas hacia tejidos de almacenamiento usados como alimento (semillas, tubérculos y frutos) por el floema". (Mejía, 2011, p. 12)

1.3.9. Especie *Amaranthus hybridus* L

A continuación, la taxonomía de la especie *Amaranthus hybridus*:

Reino : Plantae
Subreino : Tracheobionta
División : Magnoliophyta
Clase : Magnoliophyta
Subclase : Caryophyllidae
Orden : Caryophyllales
Familia : Amaranthaceae
Subfamilia : Amaranthoideae
Género : Amaranthus
Especie : *Amaranthus hybridus* L
N. Común : Moco de Pavo.

Es una especie de planta que tiene la capacidad de absorber metales pesados, es muchos casos es conocida como una maleza; se desarrollaran mejor en suelos con pH ácido inferiores a 5,5; neutro y alcalino (PÉREZ, 2012, p.1).

Tabla 3. Clasificación del pH

pH	Clasificación
<5,5	Muy ácido
5,6-6,5	Ácido
6,6-7,5	Neutro
7,6-8,5	Básico
>8,6	Alcalino

Fuente: Martínez

La especie pertenece a la familia *Amaranthaceae* de unos 30 a 80 cm de largo, inflorescencia en forma de espiga, tallos con poca velloidad; hojas ovales, flores con 5 tépalos, ramos laterales a lo largo de su longitud; la mayoría agudos; frutos de longitud similar a la de los sépalos; se pueden encontrar en sembríos y al costado de caminos, principalmente en ambientes de regadío, de origen en América tropical y subtropical, en la actualidad se encuentra extendido por las regiones templadas (Blasco, 2013,p. 2)

1.3.10. Las micorrizas

Es la unión entre el hongo y la raíz de la planta; realiza una simbiosis en las plantas, es el puente entre la raíz y el suelo. La micorriza tiene la capacidad de ayudar a la planta a absorber y trasladar los nutrientes y el agua para su beneficio, en muchos casos estas micorrizas son empleados en zonas desérticas para recuperar la vegetación; es por ello por lo que tienen la capacidad de absorber no solo metales pesados si no otros componentes que ayuda a adaptarse a planta. (Guevara, 2008, p.144)

a. Beneficios de las micorrizas

El nutrimento por las plantas es determinado por la capacidad de absorción de la raíz y por la difusión de nutrimentos, por ende, por la liberación de elementos de la solución de suelo. Las micorrizas (hongos arbusculares) incrementa el volumen de suelo explorado y

determinan la utilización de iones de baja velocidad de difusión como P, Zn y Mo. Por otro lado, está demostrado que la micorriza influye en forma directa o indirecta en la absorción de otros iones minerales (N, K, Ca, Mg, Fe, Mn). (PAILLACHO,2010, p.16)

1.4. Formulación del problema

¿Cuál será la capacidad fitoextractora de la especie *Amaranthus hybridus* L. y de las micorrizas, en suelos contaminados con metales pesados del sector Shorey chico, distrito de Quiruvilca, provincia de Santiago de Chuco, departamento La Libertad?

1.5. Justificación del estudio

Algunas especies en nuestro medio como el *Amaranthus hybridus* L., poseen capacidades fitoextractoras de metales pesados que se encuentran presentes en los suelos de la Sierra del Perú, por presencia de actividades mineras.

Estas especies podrían absorber entre los nutrientes del suelo, elementos tóxicos como plomo, cromo, selenio, cadmio, aluminio, cobre, entre otros que perjudican a la calidad del suelo y al desarrollo de los cultivos en la zona.

Entre las técnicas de fitorremediación, tenemos la fitoextracción en la que se encarga de la rehabilitación potencial y depende de factores como la disponibilidad de los metales, así como de la calidad de las plantas para absorber y acumular los metales en las partes aéreas.

El suelo cumple funciones importantes para la supervivencia del ser humano, y su mal uso conlleva a impactos ambientales significativos tales como: la degradación, pérdida de especies, desertificación, niveles bajos de materia orgánica, disminución de nutrientes, modificación de las propiedades fisicoquímicas, deterioro de la estructura, compactación, entre otros.

Tal es el caso del suelo del sector Shorey que es alterado por las actividades mineras, esto ha generado que dicho suelo no sea aprovechado adecuadamente para el quehacer agrícola.

Este trabajo de investigación pretende juntar la especie *Amaranthus hybridus* L y las micorrizas como hongos naturales de la unión de dos o más especies de plantas, con el propósito de mejorar el efecto de fitoextracción de elementos pesados presentes en el suelo y devolver parte de la calidad del suelo en condiciones normales.

Es por ello que el presente proyecto investigación tiene la finalidad de dar a conocer la capacidad fitoextractora de la *Amaranthus hybridus*. L en unión con las micorrizas en suelos contaminados con metales pesados.

1.6. Hipótesis

H_0 = El *Amaranthus hybridus* L. y las micorrizas presentan capacidad fitoextractora en suelos contaminados con metales pesados, pesados del sector Shorey chico, distrito de Quiruvilca, provincia de Santiago de Chuco, departamento La Libertad.

H_1 = El *Amaranthus hybridus* L. y las micorrizas no presentan capacidad fitoextractora en suelos contaminados con metales pesados, pesados del sector Shorey chico, distrito de Quiruvilca, provincia de Santiago de Chuco, departamento La Libertad.

1.7. Objetivos.

1.7.1. General

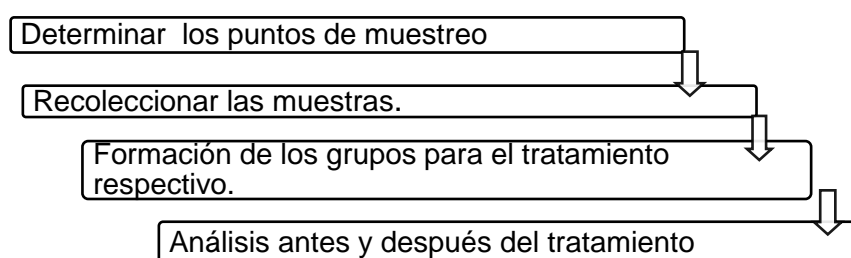
Evaluar la capacidad fitoextractora de *Amaranthus hybridus* L. y las micorrizas en suelos contaminados con metales pesados del sector Shorey chico, distrito de Quiruvilca, provincia de Santiago de Chuco, departamento La Libertad.

1.7.2. Específicos

- Determinar si la especie *Amaranthus hybridus* L. y las micorrizas poseen la mayor capacidad fitoextractora de metales pesados del sector Shorey chico, distrito de Quiruvilca, provincia de Santiago de Chuco, departamento La Libertad
- Analizar los parámetros fisicoquímicos del suelo del sector Shorey chico, distrito de Quiruvilca, provincia de Santiago de Chuco, departamento La Libertad.

II. MÉTODO

2.1. Fases de procesos



2.1.1. Esquema fases del proceso

2.2. Diseño de investigación

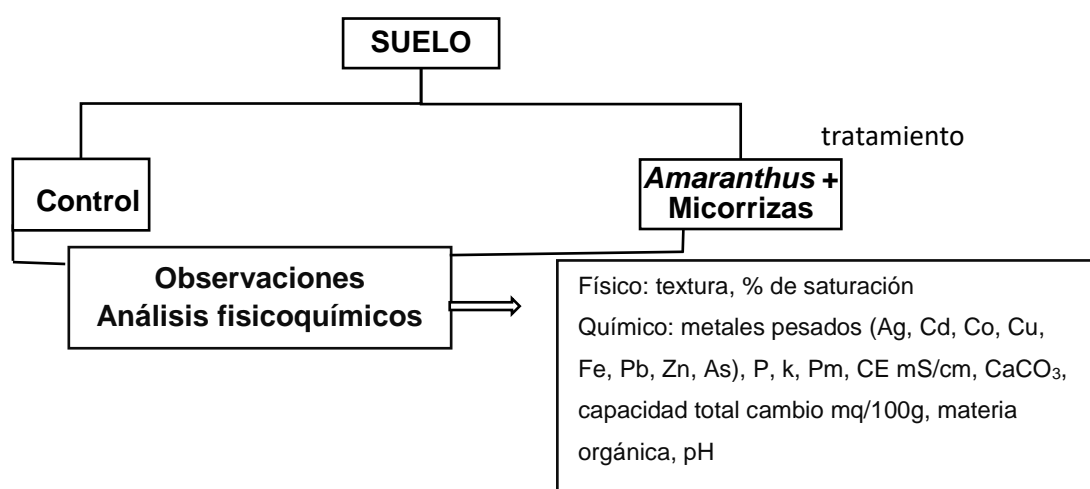
Para este trabajo de investigación se utilizó un diseño cuasi experimental, con pre prueba- post prueba y grupo control.

G₁	O₁	X₁	O₂
G₂	O₃	---	O₄

- G : Grupo de participantes
- X₁ : Tratamiento con *Amaranthus hybridus*.L más micorriza.
- O₁; O₃ : Análisis químicos y físicos del suelo al inicio.
- O₂; O₄ : Análisis químicos y físicos del suelo al final.
- : Ausencia de estímulo (Indica que se trata de un grupo de control)

Nota: Los análisis del suelo se especifican en anexos

2.2.1. Esquema del diseño de investigación



Fuente: Elaboración propia

2.3. Variables, operacionalización

2.3.1. Variables

- Independiente: Especies (*Amaranthus hybridus* L más micorrizas).
- Dependiente: Capacidad Fitoextractora

2.3.2. Operacionalización

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	OPERACIONALIZACIÓN	INDICADOR	ESCALA DE MEDICIÓN
-----------	-----------------------	--------------------	-----------	--------------------

Especies	<p>El <i>Amaranthus hybridus</i>. L es una planta que tiene la capacidad de absorber y remediación suelos contaminados con metales pesados. (Trejo, 2015)</p> <p>Las micorrizas es la unión entre el hongo y la raíz de la planta, tiene la capacidad de ayudar a la planta a absorber y trasladar los nutrientes y el agua para su beneficio; es por ello que tienen la capacidad de absorber no solo metales pesados si no otros componentes que ayuda a adaptarse a planta. (Guevara; Beatriz, 2008)</p>	<p>La especie <i>Amaranthus hybridus</i> en unión con las micorrizas, fueron sembradas en un suelo contaminado (del sector Shorey). La planta estará en una maceta de 30 cm de diámetro donde asimilará el agua y dispuesta a extraer los elementos pesados.</p>	<p>Suelo contaminado con metales pesados de importancia. (según ECA: Cadmio y Plomo)</p>	Razón
Capacidad Fitoextractora	<p>Consiste en la absorción de metales contaminantes mediante las raíces de las plantas y su acumulación en tallos y hojas. (Universidad de Arizona-USA)</p>	<p>Se midió mediante el porcentaje (%) de variación entre la pre prueba y la post prueba analítica. (al inicio y final)</p>	<p>Según los ECA - MINAM (mg/kg) MS¹</p>	Razón

Tabla 4. Operacionalización de variables

¹ Materia Seca: Muestra de suelo seco al horno 105°C.

2.4. Población y muestra

2.4.1. Población

La población del presente trabajo de investigación tomó en cuenta terrenos agrícolas contaminados por actividad minera (metales pesados), comprende un área aproximada a 4 894 m² con cultivos del pan llevar con la característica de riego por secano.

2.4.2. Muestra

A partir de la población delimitada, se tomó en cuenta 5 puntos representativos según la guía de muestreo de suelo para aquellas áreas que tienen una contaminación de forma irregular menores a 1000 m² y hasta 5000 m² (D.S N°02-2013-MINAM- ECA del suelo).

2.4.3. Muestreo

El muestreo fue realizado de manera superficial al perfil del suelo de 0-30 cm de profundidad de acuerdo a lo establecido en la guía de muestreo de suelo-MINAM 2014; extrayéndose la muestra para el análisis correspondiente. Cada muestra fue recolectada en bolsas

herméticas resistentes previamente etiquetadas con un aproximado de 4 kg, con un total de 20 kg, homogenizado.

2.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.

2.5.1. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Tabla 5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnica	Instrumento
Observación experimental	Hoja de ficha de datos

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6. Determinación y métodos de análisis del suelo

Determinación	Método
Muestra de suelo superficiales	Calicata aplicando el aspa
Análisis de metales pesados en el suelo	EPA-Method 200.7
Materia orgánica	Oxidación con bicromato de potasio y lectura en el Espectrofotómetro.
Fósforo disponible	Olsen modificado
Potasio disponible	Turbidimetría (Extraído con NaHCO_3)
Salinidad (CE_{ES})	Conductímetro (medición en extracto 1:2 y expresado como CE del extracto de saturación)
Carbonato de calcio	Neutralizado con HCL y titulado con NaOH
Reacción o pH del suelo	Potenciómetro (relación 1 suelo con 1 de agua)

Fuente: Elaboración propia

2.5.2. Validez y confiabilidad.

Para la validación y confiabilidad los equipos e instrumentos que se utilizaron están aprobadas por el INACAL según la Ley N° 30224 (ley que crea el sistema nacional para la calidad y el instituto nacional de calidad) y la guía de muestro de suelo D.S N°002-2014 MINAM).

- Validez: Los resultados fueron verificados con análisis estadísticos mediante el software IBM SPSS STATISTIC.23 y utilizando un grado de significancia al 0.05%.
- Confiabilidad: Los suelos muestreados fueron analizados en el laboratorio de Servicios Analíticos Generales S.A.C para la concentración de trazas de metales pesados; así mismo, las caracterizaciones de los residuos sólidos serán evaluados por el laboratorio AGROLAB.

2.6. Métodos de análisis de datos

Por ser un diseño experimental corresponderá un método pre prueba y post prueba más grupo control.

Se evaluaron si los datos presentan una distribución normal mediante la prueba de Shapiro-Wilk (menor a 30 datos) de ser así se ejecutará una prueba "t" student para grupos relacionados y si no presenta una distribución normal se ejecutará la prueba de U-MANN WHITNEY para determinar la capacidad fitoextracción del *Amaranthus hybridus*. L más micorrizas. El análisis estadístico se realizó a un nivel de confianza del 95% donde se utilizó el Software IBM SPSS STATISTIC.23

III.RESULTADOS

1. Análisis Físico – Químico Del Suelo (Pre prueba)

A continuación, se muestra los resultados del análisis de caracterización de suelos (físico-químicos) pre prueba, para una muestra de suelo del sector Shorey, distrito de Quiruvilva, provincia de Santiago de Chuco.

Tabla 7. Resultados del Análisis de caracterización del suelo

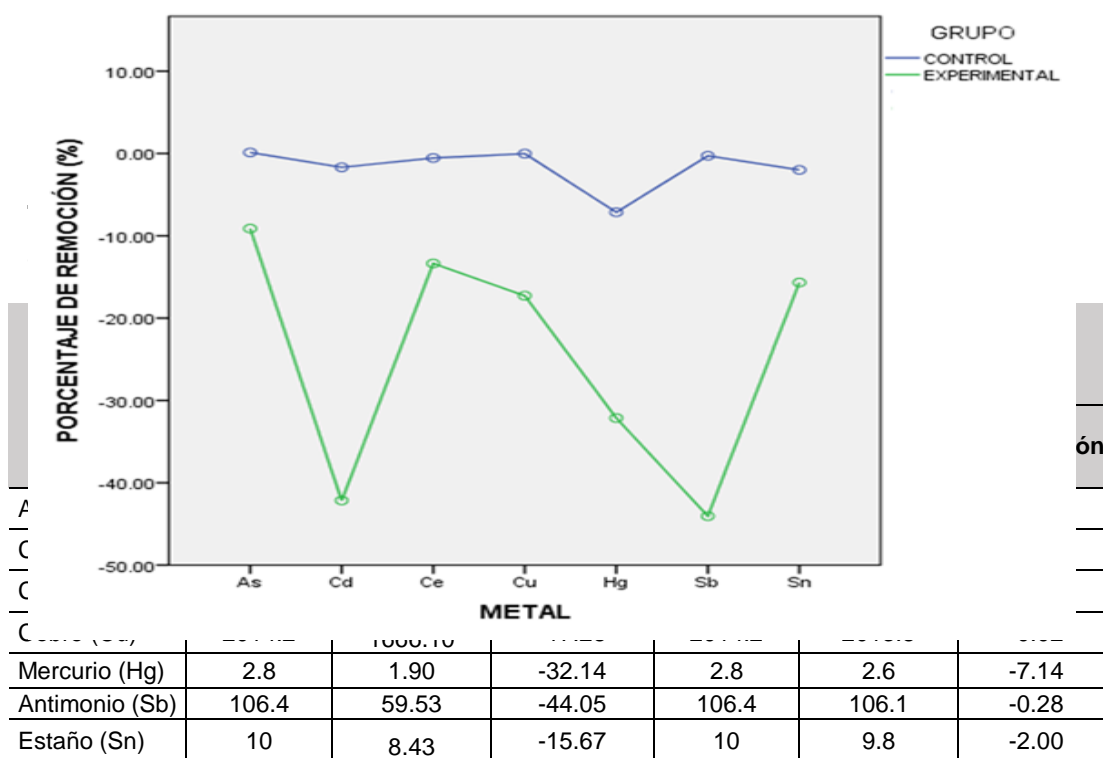
NUESTRA	MO %	pH 1:1	Textura
1	3.40	3.05	Franco arenosa

Fuente: Laboratorio AGROLAB

En la tabla 7, observamos los resultados de caracterización del suelo del sector Shorey Chico, donde obtenemos un pH: 3.05 es decir altamente ácido; de la misma manera se observa que la materia orgánica presente en el suelo es de 3.4%, indicando un suelo altamente fértil, con una textura franco arenosa.

2. Capacidad fitoextractora de la especie *Amaranthus hybridus* L. y micorrizas (Pre y post prueba)

Se muestra los resultados del análisis químico del suelo (pre y post prueba), tanto de los metales pesados (MP) que han removido e incrementado sus concentraciones.



aje de remoción de los metales pesados del grupo experimental y control

Fuente: Servicios Analíticos Generales S.A.

Fuente: software IBM SPSS STATISTIC.23

En la tabla 8 y figura 1, presenta el porcentaje de remoción del grupo control y experimental, observamos una mayor remoción en el grupo experimental obteniendo como resultado; con mayor remoción tenemos al Sb con -44.05%, seguido del Cd con -42.15%, Hg con -32.14%, Cu con -17.28%, Sn con -15.67%, Ce con -13.36% y en menor remoción tenemos al As con -9.12% y

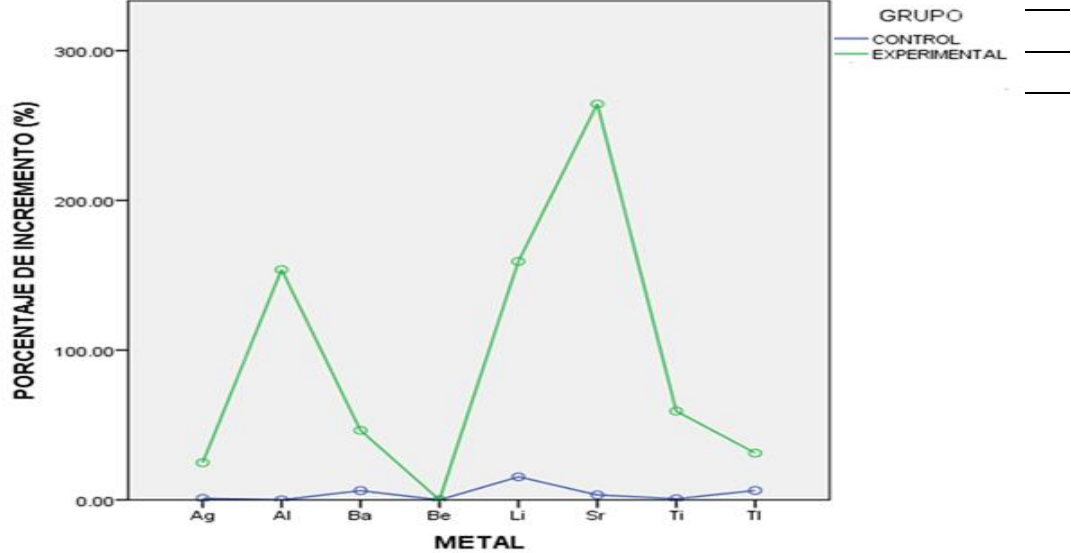
Figura 1. Porcentaje de remoción de los metales por grupo de estudio

en el grupo control tiene menor remoción se obtiene los siguientes resultados; Hg con -7.14%, Sn con -2%, Cd con -1.68%, Ce con -0.55%, Sb con -0.28%, As con 0.12% y Cu con -0.02 %.

Tabla 9. Porcentaje de incremento de los metales pesados del grupo experimenta y control

METALES	Grupo experimental			Grupo Control		
	Pre-prueba	Post-prueba	% Incremento	Pre-prueba	Post-prueba	% Incremento
	O ₁ (mg/Kg)	O ₂ (mg/Kg)		O ₃ (mg/Kg)	O ₄ (mg/Kg)	
Plata (Ag)	8.42	10.51	24.82	8.42	8.5	0.95
Aluminio (Al)	1561.2	3960.47	153.68	1561.2	1561.4	0.01
Bario (Ba)	13	19.03	46.38	13	13.8	6.15
Berilio (Be)	<0.03	<0.03	0.00	<0.03	<0.03	0.00
Litio (Li)	1.3	3.37	159.23	1.3	1.5	15.38

Fuente:
software
IBM
SPSS
STATI
STIC.2
3



bla 9 y figura 2, presenta el porcentaje de incremento del grupo experimental y control, obteniéndose mayor incremento en el grupo experimental, donde se obtuvo los siguientes resultados de ocho metales: Ag (24.84%), Al (153.97%), Ba (46.41%), Li (158.97%), Sr (264.44%), Ti (69.27%), Tl (31.25%); mientras que para el grupo control se obtuvo los siguientes resultados; Ag (0.95%), Al (0.01%), Ba (6.15%), Li (15.38%), Sr (3.33%), Ti (0.74%), Tl (6.25%), el Be se encuentra estable en ambos grupos.

3. Análisis químico del suelo – Macro y Micro Nutrientes (Pre y post prueba)

Se realizó los análisis químicos del suelo para los contenidos macro y micro nutrientes del suelo (pre y post prueba), para determinar sus concentraciones (mg/kg).

Tabla 10. Macro y Micro nutrientes encontrados en el suelo

METALES	Grupo experimental		Porcentaje de Incremento (%)
	Pre-prueba	Post-prueba	
	O ₁ (mg/Kg)	O ₂ (mg/Kg)	
MACRONUTRIENTES			
Potasio (K)	198.3	885.57	346.58
Fósforo (P)	115.2	530.87	360.82
Magnesio (Mg)	237	1035	336.71
MICRONUTRIENTES			
Calcio (Ca)	71	1630.7	2196.76
Manganeso (Mn)	239.89	1179.67	391.75
Zinc (Zn)	112.5	163.83	45.63
Sodio (Na)	31.2	189.6	507.69
Cobalto (Co)	8.86	11.63	31.26
Vanadio (V)	6.14	10.46	70.36

Fuente: Servicios Analíticos Generales S.A.C

En la tabla 10, se presentan los resultados macro y micro nutrientes que se evaluó para el pre y post tratamiento, obteniendo los siguientes resultados; macro nutrientes se obtuvo el K con 198.3 y 885.57 mg/Kg (incremento 346.58%), P con 115.2 y 530.87 mg/Kg (incremento 360.82 %), Mg con 237 y 1035 mg/Kg (incremento 336.71%) y para los micro nutrientes se obtuvo; Ca con 71 y 1630.7 mg/Kg (incremento 2196.76%), Mn 239.89 y 1179.67 mg/Kg (incremento 391.75%), Zn con 112.5 y 163.83 mg/Kg (incremento 45.63 %), Na con 31.2 y 189.6 mg/Kg (incremento 507.69 %), Co con 8.86 y 11.63 mg/Kg (incremento 31.26 %), V con 6.14 y 10.46 mg/Kg (incremento 70.36 %).

4. Comparación de los resultados con los Estándar de Calidad Ambiental- Suelo (D.S. N°002-2013-MINAM-PERU)

Se realizó la comparación con los metales que considera los ECA-Suelo tanto en la pre y post tratamiento con el número de veces que ha disminuido o aumentado sus concentraciones

Tabla 11. Comparación ECA-Suelo con los metales pesados

Metales pesados	ECA-Suelo (mg/Kg)	Antes del tratamiento		Después del tratamiento	
		Pre-prueba (mg/Kg)	N° de veces	Post-prueba (mg/Kg)	N° de veces
As	50	734.50	14.69	667.97	13.36
Cd	1.4	38.63	27.59	22.35	15.96
Pb	70	262.16	3.75	261.97	3.74
Ba	750	13	-57.9	19.03	-39.41
Hg	6.6	2.8	-2.36	1.90	-3.47
Cr	0.4	<0.04	---	<0,04	--

Fuente: Servicios Analíticos Generales S.A.C

En la tabla 11, se presenta la comparación de los metales pesados con el ECA-Suelo mediante el Decreto Supremo (D.S), observamos que el As en la pre-prueba tiene 734.50 mg/Kg llegando hacer 14.69 mg/Kg veces más que estable el D.S y en la post-prueba tiene 667.97 mg/Kg llegando hacer 13.36 mg/Kg veces más que estable el D.S, el Cd en la pre-prueba tiene 38.64 mg/Kg llegando hacer 27.59 mg/Kg veces más que estable el D.S y en la post-prueba tiene 22.35 mg/Kg llegando hacer 15.96 mg/Kg veces más que estable el D.S, Pb en la pre-prueba tiene 262.16 mg/Kg llegando hacer 3.75 mg/Kg veces más que establece el D.S y la post-prueba tiene 261.97 mg/Kg llegando hacer 3.74 veces más que el D.S, Ba, Hg y Cr tanto en la pre y post prueba no sobrepasan D.S, es decir están dentro del límite permitido.

IV. DISCUSIÓN

En la tabla 7, se observa los resultados obtenidos de la caracterización del suelo, vemos un pH: 3.05 es decir altamente ácido, se hace imposible el desarrollo de la mayoría de las plantas, sin embargo, la especie *Amaranthus hybridus.L* está considerada como una maleza y adaptada a pH ácido, es decir no afectaría su desarrollo y crecimiento. La materia orgánica presente en el suelo es de 3.4%, indicando un suelo altamente fértil con una textura franca arenosa. Este valor encontrado de pH concuerda con PÉREZ, Micalea (2012), como investigadora de especies de planta, nos menciona que el *Amaranthus hybridus.L* es una especie que su desarrollo y crecimiento se realiza en suelos no solo con pH ácido inferiores a 5,5; sino también con pH neutro y alcalino y crecerá con vigor en soportes con textura arenosa, franca y arcillosa (ver tabla 3). Es por ello que esta especie se ha desarrollado de una manera adecuada.

Mientras que según ANDRADEZ, Marisol y MARTÍNEZ, Elena (2014), clasifica muy alto en materia orgánica a aun suelo franco arenoso que tiene mayor 2.5% (anexo tabla 19), es decir que es rico en materia orgánica, entonces con los resultados que se obtuvo podemos decir que el suelo de Shorey es rico en materia orgánica.

En la tabla 8 y figura 1, muestra la diferencia del porcentaje de remoción del grupo control con el experimental, obteniendo una mejor remoción el grupo experimental ya que el grupo control solo se adicionó agua (H₂O), observamos mayor remoción en el Sb con -44.05 %, seguido del Cd con -42.15 %, Hg con -32.14 %, Cu con -17.28 %, Sn con -15.67 %, Ce con -13.36 % y en menor remoción tenemos al As con -9.12 %, entonces se puede decir que la especie y las micorrizas si llegan a disminuir las concentraciones iniciales de estos metales pesados.

Según ORTIZ, Cano (2009), quien solo analizó dos metales Cd y Pb, demuestra también que la unión de la especie *Amaranthus hybridus.L* con las micorriza ha llegado a disminuir sus concentraciones en un 5%, en

ambos metales , comparando el resultado obtenido por este autor podemos decir que esta investigación obtuvo mejores resultados, ya que este autor, solo llegan a experimentar con dos metales, Cd y Pb, sin embargo, esta investigación da a conocer 7 metales pesados que la especie en unión con las micorrizas llegan a fitoextraer y dentro de ellos incluye el Cd.

En la tabla 9 y figura 2, muestra los resultados de los metales pesados que han aumentado o incrementado sus concentraciones en ambos grupos tanto del experimental como del control, dando a demostrar que el grupo experimental hay mayor % de incremento donde se obtuvo los siguientes resultados: mayor incremento es Sr con 264.44%, seguido del Li a incrementó 158.97%, Al a incremento 153.97%, Ti a incrementó 69.27%, Ba a incrementó 46.41%, Tl a incremento 31.25% y finalmente la Ag que incremento 24.84%. Observamos 8 metales pesados que no han logrado disminuir sus concentraciones. Según DÚRAN, Paola (2010), cuando un suelo tiene un pH ácido algunos metales pesados como Al, Ag tiene baja o muy baja movilización (Anexo tabla 18), es decir tienen la tendencia de llegar acumularse e incrementar sus concentraciones. Lo mismo sucede con el suelo de Shorey como lo analizamos anteriormente tiene un pH ácido de 3.05, entonces al tener este pH ácido los metales ya mencionados llegan a incrementar sus concentraciones. Se menciona también que dicho experimento se realizó de manera ex -sita por lo que se puede suponer que factores como el aire que moviliza material particulado y gases hayan influenciado en el incremento de estos metales pesados, puesto que la planta llegará a absorber y no lo retendrá en su metabolismo, sino será expulsado al suelo mediante las raíces afectando aún más la concentración de estos metales, entonces la especie no puede remediar o fitoextraer estos metales pesados es decir no llega a disminuir sus concentraciones.

Según CARRASCO Adriana (2008,) menciona que el aumento de los metales pesados se debe a que utilizamos fertilizantes (anexo tabla 20),

pero para este experimento no se utilizó ningún tipo de fertilizante, solo se realizó la combinación de la especie con las micorrizas, entonces no se puede decir que el incremento de estos M.P fue por la utilización de fertilizantes.

En la tabla 10, observamos la clasificación de los nutrientes del suelo (macro y micro) y su porcentaje de incrementación. Macro nutrientes se obtuvo el P con incremento 360.82 %, K con incremento 346.58% y Mg con incremento 336.71% y en los Micro nutrientes se obtuvo el Ca con incremento 2196.76%, Na con incremento 507.69 %, Mn con incremento 391.75%, V incremento 70,36 %, Zn con incremento 45.63% y el Co con incremento 31.26 %. La utilización de la especie y las micorrizas no solo fitoextrae metales pesados, sino que también brinda beneficios para el suelo, aumentando o incrementando las concentraciones de los nutrientes. La utilización de las micorrizas ha influido en el aumento de estos nutrientes puesto que ellas al llegar a unirse con las raíces de la especie llegan a contribuir agregados de macro y micro nutrientes. Esto mismo afirma PAILLACHO, Fabián (2010), que la utilización de micorrizas en los suelos aumenta los nutrientes como nitrógeno (N), potasio (K), hierro (Fe), Calcio (Ca), magnesio (Mg), y microelementos como Zinc (Zn), Azufre (S), Boro (B), Molibdeno (Mo) y manganeso (Mn). Este autor solo nos menciona los nutrientes que llega a aumentar sus concentraciones al adicionar micorrizas aun suelo, los mismos nutrientes encontrados en el suelo de Shorey, en cambio esta investigación muestra los resultados del % del incremento que tuvo la especie con las micorrizas, puesto que las micorrizas sirven como un abono orgánico beneficioso.

En la tabla 11, se observa los 6 metales que considera el ECA-Suelo (tabla 1), obteniendo resultado de la pre y post prueba, el As en ambas pruebas sobre pasa el límite, siendo 14.69 mg/Kg y 13.36 mg/Kg veces más que el ECA-suelo, en este caso vemos una disminución en la post-prueba de las veces que contamina, el Cd a igual que el As en ambos

casos sobrepasa en limite siendo 27.59 mg/Kg y 15.96 mg/Kg veces más que el ECA-suelo, vemos que en la post-prueba hay una disminución de las veces que contamina este metal, Pb en ambos pruebas sobrepasa el limite siendo 3.75 mg/Kg y 3.74 veces más que el ECA-suelo, vemos que en la post-prueba hay una mínima disminución de las veces que contamina este metal, el Ba en la post-prueba incrementa su concentración pero no llega a sobrepasar el límite y el Hg y Cr tanto en la pre y post prueba no sobrepasan límite que estable el ECA-suelo. Cuatro metales llegan a disminuir sus concentraciones iniciales (As, Cd, y Pb), pero aun contaminan el suelo del Sector Shorey ya que la norma establece 50 mg/Kg, 1.4 mg/Kg y 70 mg/Kg respectivamente mientras uno llega a aumentar su concentración (Ba) pero no contamina el suelo del Sector Shorey ya que la norma establece 750 mg/Kg y dos metales pesados (Hg, Cr) quienes no contaminan el suelo del Sector Shorey ya que la norma establece 6.6 mg/Kg y 0.4 mg/Kg.

La norma Mexicana (NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004) (Anexo tabla 21), establece para el As 22 mg/Kg, Cd 37 mg/Kg, Pb 400 mg/Kg, Ba 5400 mg/Kg y Hg 23 mg/Kg, en te caso se puede decir que en los metales como el Cd, Pb, Ba y Hg, en los resultados de la post-prueba véase también en la tabla 9, se encontraría dentro del límite que establece esta norma Mexicana, mientras que el As en amabas normas si contamina el suelo.

V. CONCLUSIONES

- Se determinó que la especie *Amaranthus hybridus L* y las micorrizas poseen la capacidad de fitoextraer metales pesados tales como Arsénico (As), Cadmio (Cd), Cerio (Ce), Cobre (Cu), Mercurio (Hg), Antimonio (Sb) y Estaño (Sn) y en menor concentración el Plomo (Pb). En donde la mayor remoción fue el Sb con -44.05%, y en menor remoción fue el As con -9.12%.
- Se determinó el porcentaje de incremento de los metales pesados como Plata (Ag), Aluminio (Al), Bario (Ba), Litio (Li), Estroncio (Sr), Titanio (Ti), Talio(Tl). Donde el mayor porcentaje de incremento fue el Sr 264.44 y en menor % de incremento fue la Ag 24.86.
- Se determinó el porcentaje de incremento de los nutrientes, macro tenemos al Potasio (K), Fósforo (P), Magnesio (Mg) micro tenemos Calcio (Ca), Manganeseo (Mn), Zinc (Zn), Sodio (Na), Cobalto (Co), Vanadio(V). Donde el mayor porcentaje de incremento fue del Ca 2196.76 y en menor porcentaje de incremento fue el Co 31.26.
- Se determinó la comparación de los resultados de los metales pesados con el ECA-suelo-Perú donde el As, Cd, Pb, aun contaminan el suelo de Shorey y metales como Ba, Hg y Cr no sobrepasan estos límites.
- Se analizó los parámetros fisicoquímicos; físicos tenemos Físico: textura, % de saturación y químicos: metales pesados (Ag, Cd, Co, Cu, Fe, Pb, Zn, As, ect), P, k, Pm, CE mS/cm, CaCO₃, capacidad total cambio mq/100g, materia orgánica, pH del suelo del sector Shorey

chico, distrito de Quiruvilca, provincia de Santiago de Chuco, departamento La Libertad.

VI. RECOMENDACIONES

- Evaluar a la especie *Amaranthus hybridus* L. hasta su etapa de maduración (floración), para determinar si existe incremento de remoción de metales pesados.
- Realizar pruebas con dos tipos de especies extractoras y diferentes alternativas de micorrizas, con el propósito de aumentar el porcentaje de remoción de metales pesados en el suelo.
- Es importante un estudio bromatológico de la especie *Amaranthus hybridus* L finalizado el tratamiento, con el objetivo de analizar en qué órganos de la planta se alojan los metales pesados extraídos.
- Para futuras investigaciones, realizar análisis al agua que es utilizado para riego, con el objetivo de saber si esta agua contiene algún tipo de metal y si perjudicaría a la especie.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACEVEDO, Vanessa *[et al]*. contaminación del suelo en la zona minera de rasgata bajo (tausa). modelo conceptual. Revista Ciencia e Ingeniería Neogranadina [en línea]. Mayo-febrero, 2016, n°1, Vol 26. Colombia. [Fecha de consulta: 11 de mayo de 2017].
Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/911/91145342005.pdf>
ISSN: 0124-8170
- ALFARO, Raúl. fertilidad del suelo [en línea]. México: Guatemala, Universidad Autónoma de Chapingo. Texcoco, México, 2015 [fecha de consulta: 12 de octubre de 2017]. Disponible en: https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/38980673/Conceptos_de_fertilidad_2015_parte_1.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1510601166&Signature=yVXnDMNPZQV0htlbFUBxhGBXA1g%3D&responsecontentdisposition=inline%3B%20filename%3DConceptos_de_fertilidad_2015_parte_1.pdf
- BERMÚDEZ, Mauricio. Contaminación y Turismo Sostenible [en línea]. [“s.l.”]. 2010, p.25. [Fecha de consulta: 12 de mayo de 2017].
Disponibles en: <https://issuu.com/maubermudez/docs/contaminacion>
- CARRASCO, Adriana *[et al]*. metales pesados y biodisponibilidad [en línea]. Chile: Facultad de ciencias Agronómicas, 2008 [fecha de consulta: 12 de octubre de 2017]. Capítulo 5.
Disponible en:
http://bibliotecadigital.sag.gob.cl/documentos/medio_ambiente/criterios_

calidad_suelos_aguas_agricolas/pdf_suelos/5_metales_pesados_suelo.pdf

- Centros poblados [en línea]. DePerú.Com. 8 de marzo de 2010. [Fecha de consulta: 11 de mayo de 2017].
Disponibile en: <http://www.deperu.com/centros-poblados/shorey-74021>
- COTO, Jeannette [et al]. Fito Remediación Una Tecnología Que Involucra a las Y Microorganismos En El Saneamiento Ambiental. Revista ICIDCA [en línea]. septiembre-diciembre. 2012, n°3. Vol 46. p.11. Cuba. [Fecha de consulta: 11 de mayo de 2017].
Disponibile en: <http://www.redalyc.org/pdf/2231/223124988007.pdf>
ISSN: 0138-6204
- CROSARA, Alicia. El suelo y los Problemas Ambientales [en línea]. México. 2007, p.74. [Fecha de consulta: 12 de mayo de 2017].
Disponibile en:
<http://edafologia.fcien.edu.uy/archivos/Suelos%20y%20problemas%20ambientales.pdf>
- ECHARRI, Luis. Ciencia de la tierra y del Medio Ambiente [en línea]. 1.a ed. México. 2010 [fecha de consulta: 11 de julio de 2017].
Disponibile en:
<http://www4.tecnun.es/asignaturas/Ecologia/Hipertexto/09ProdQui/120MetTox.htm#POBLACION>
- Fitoextracción ¿qué es realmente? [en línea]. RiverPhy Lorca. 2014. [Fecha de consulta: 11 de mayo de 2017].
Disponibile en: <http://liferiverphy.eu/web/fitoextraccion-que-es-realmente/>
- GUEVARA; Beatriz. Micorriza arbuscular. Recurso microbiológico en la agricultura sostenible. Revista Tecnología en Marcha. Costa Rica. [en línea]. 2008, n°1. [Fecha de consulta: 14 de mayo de 2017].

Disponible en:

http://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec_marcha/article/view/1352

ISSN: 0379-3982

- HERNÁNDEZ, Adela. “Determinación de metales pesados en suelos de Natividad, Ixtlán de Juárez Oaxaca”. Tesis (Licenciada en ciencias ambientales) [en línea]. Oaxaca: Universidad de la Sierra de Juárez de México, 2011. Disponible en:
<http://ecasuelo.com.pe/wpcontent/uploads/2015/05/CONTAMINACION-DE-METALES-PESADOS-EN-SUELOS-DE-NATIVIDAD-IXTLAN-DE-JUARES-OAXACA.pdf>
- Humedad de los suelos de diferente textura [en línea]. TRACXO. 2010. [fecha de consulta: 11 de julio de 2017].
Disponible en: <https://www.traxco.es/blog/tecnologia-del-riego/humedad-en-suelos-de-diferente-textura>
- MEJÍA, Cecilia. “Metales pesados en suelos y planta: Contaminación y Fitotoxicidad”. Tesis (M (o) ciencia de los alimentos) [en línea]. Huacho: Universidad Nacional José Bautista Sánchez Carrión de Perú, 2011.
Disponible en:
<https://es.scribd.com/doc/204360496/METALES-PESADOS-EN-SUELOS-Y-PLANTAS-CONTAMINACION-Y-FITOTOXICIDAD>
- MORENO, Eduardo. [et al]. “Plant-Based Methods For Remediating Arsenic-Polluted Mine Soils In Spain”. Tesis: (Doctorado) [en línea]. Madrid: Universidad Autónoma de Madrid, 2010.
Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Eduardo_Moreno-Jimenez2/publication/45399462_Plantbased_methods_for_remediating_arsenicpolluted_mine_soils_in_Spain/Recuperacion_de_suelos_mineros_contaminados_con_arsenico_mediante_fitotecnologias/links/59819a2a6fdccb3100510ea/Plant-based-methods-forremediatingarsenicpolluted-

mine-soils-in-Spain-Recuperacion-de-suelos-mineros-contaminados-con-arsenico-mediante-fitotecnologias.pdf

- D.S. N°002-2013-MINAM. Estándar de la Calidad Ambiental. Lima, Perú, 02 de febrero del 2013
- MORELOS, Víctor. [et al]. “Arbuscular mycorrhizal fungi and their involvement in the production and management of neotropical forest species with emphasis on Meliaceae”. Revista Chilena de Historia Natural [en línea]. Tuxtla. 2014. [Fecha de consulta: 15 de mayo de 2017].
Disponible en: <http://www.scielo.cl/pdf/rchnat/v87/09.pdf>
- NAVARRO. Aviño. [et al]. Aspectos bioquímicos y genéticos de la tolerancia y acumulación de metales pesados en plantas. Revista Científica Ecología y Medio Ambiente [en línea]. Mayo, 2011, n°2. Valencia. [Fecha de consulta: 11 de mayo de 2017].
Disponible en:
<https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/125>
- ORTIZ, Cano [et al]. “fitoextracción de plomo y cadmio en suelos contaminados usando quelite (*Amaranthus hybridus* L.) y Micorrizas en la Comarca Lagunera”. Revista Chapingo Serie.Horticultura [en línea]. Agosto, 2009, n°2. Vol 15. México. [Fecha de consulta: 11 de mayo de 2017].
Disponibles en:
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1027152X2009000200009&script=sci_arttext&tlng=pt
ISSN 2007-4034
- PAILLACHO, Fabián. “Evaluación De La Efectividad De Las Micorrizas Arbusculares Nativas Sobre El Desarrollo Y Estado Nutritivo Del Palmito

(*Bactris Gasipaes* Hbk) En Etapa De Vivero, En Santo Domingo De Los Tsáchilas". Tesis (Ingeniero Agropecuario). Santo Domingo de los Tsáchilas: Universidad de las fuerzas Armadas de Ecuador 2010. Disponible en: [https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/2892/1/T-ESPE-
IASA%20II-002332.pdf](https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/2892/1/T-ESPE-IASA%20II-002332.pdf)

- PAIVA, Greta. "Fitorremediación De Suelos Contaminados Con Plomo Utilizando *Amaranthus Spinossus* – *Amaranthaceae*". Tesis (Doctor en ciencias ambientales). Arequipa: Universidad Católica De Santa María del Perú, 2012.
Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/54222620.pdf>
- PÉRES, Micaela. "*Amaranthus hybridus*" [en línea]. Perú. 2012. [fecha de consulta 28 de julio de 2017].
Disponible en: <http://www.botanicayjardines.com/amaranthus-hybridus/>
- PEREIRA, César [et al]. Edafología 1 [en línea]. 1° ed. Colombia: Espacio Gráfico Comunicaciones S.A. 2011 [fecha de consulta: 22 de octubre 2017]. Disponible en: <https://www.uaeh.edu.mx/investigacion/productos/4776/edafologia.pdf>
- Traxco. "Humedad en suelos de diferentes texturas" [en línea]. España. 2009. [fecha de consulta 28 de julio de 2017].
Disponible en: <https://www.traxco.es/blog/tecnologia-del-riego/humedad-en-suelos-de-diferente-textura>
- Trinidad, J. Uso de compuestos orgánicos y acelga (*Beta vulgaris* L. var. *Cicla* (L.)) en la fitoextracción de plomo en un suelo contaminado. México. 2006. 89pp. (Consultada el 12 de mayo 2017)

ANEXOS

ANEXO A: Análisis Estadísticos

PRUEBA DE NORMALIDAD

H₀: La variabilidad de la capacidad fitoextractora de *Amaranthus Hybridus* L. y Micorrizas en suelos contaminados con metales pesados siguen una distribución normal.

H₁: La variabilidad de la capacidad fitoextractora de *Amaranthus Hybridus* L. y Micorrizas en suelos contaminados con metales pesados no siguen una distribución normal.

Tabla 12. Pruebas de normalidad

CAPACIDAD_ P FITOEXTRACTORA r	GRUPO	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
	Control	,386	7	,002	,740	7	,010
	Experimental	,366	7	,005	,621	7	,000

Prueba no significativa $P < 0.05$.

La variabilidad de la capacidad fitoextractora de *Amaranthus Hybridus* L. y Micorrizas en suelos contaminados con metales pesados no siguen una distribución normal.

PRUEBA DE U DE MANN-WHITNEY

Tabla 13. Rangos de Mann-Whitney

CAPACIDAD_ FITOEXTRACTORA	GRUPO	N	Rango promedio	Suma de rangos
	Control	7	4,00	28,00
	Experimental	7	11,00	77,00
	Total	14		

Tabla 14. Prueba estadísticos de Mann-Whitney

	CAPACIDAD_ FITOEXTRACTORA
U de Mann-Whitney	,000
W de Wilcoxon	28,000
Z	-3,137
Sig. asintótica (bilateral)	,002
Significación exacta [2*(sig. unilateral)]	,001

H_0 : Existe diferencias significativas entre el grupo control y el experimental

H_1 : No existe diferencias significativas entre el grupo control y el experimental

Se observa que $P < 0.05$, por lo tanto, se acepta H_0 y se afirma que existe diferencia significativa entre los grupos control y experimental para la capacidad fitoextractora de *Amaranthus Hybridus L.* y Micorrizas en suelos contaminados con metales pesados

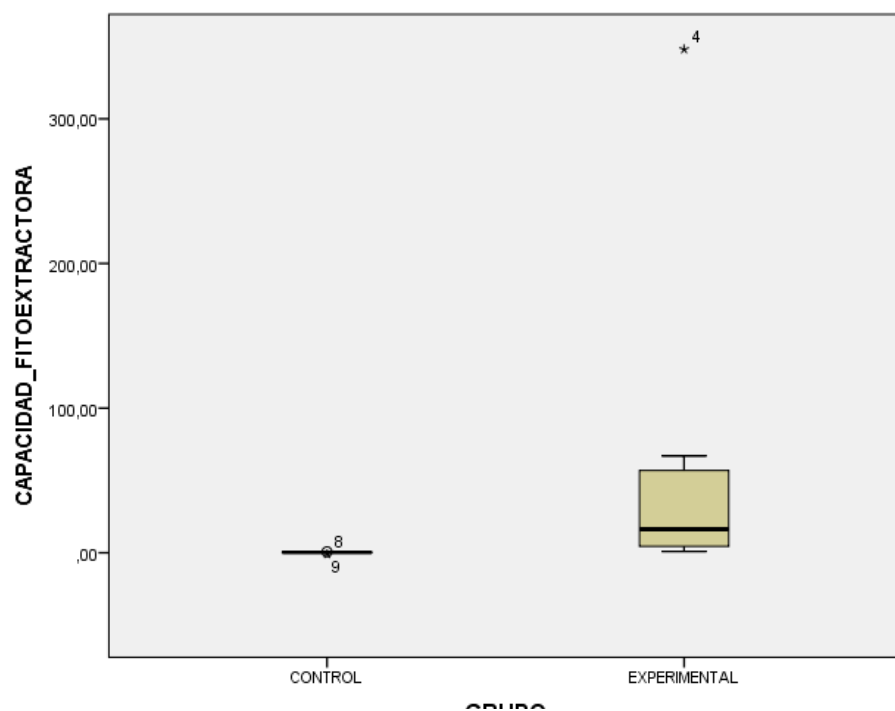


Figura 3. Diagrama de cajas de la capacidad fitoextractora de *Amaranthus hybridus*.L frente a los metales

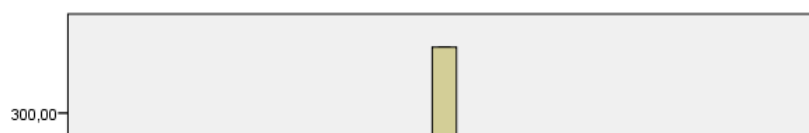
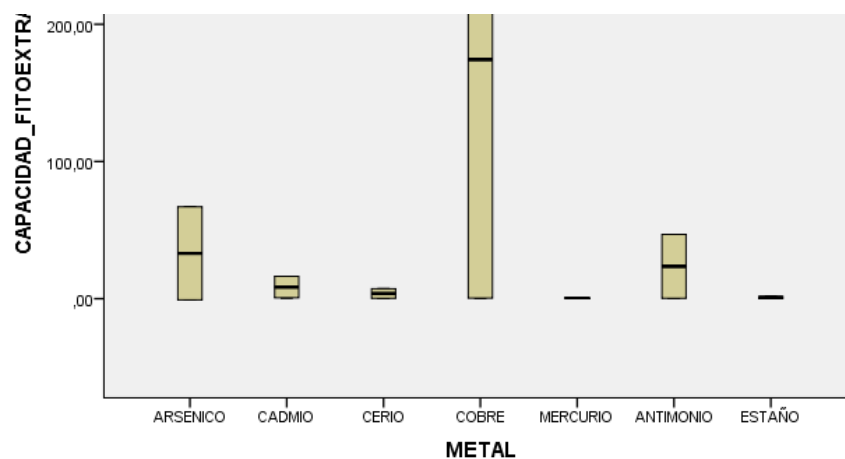


Figura 4. Diagrama de cajas de la capacidad fitoextractora por grupo de estudio



ANEXO B: Indicadores De La Calidad Del Suelo

Tabla 15. Indicadores Físicos

Indicadores	Relación con al funciones y condiciones del suelo	Valores o unidad relevantes, comparaciones para evaluación
textura	Retención y transporte de agua y minerales; erosión del suelo	% (arena, limo y arcilla); pérdida de sitio o posición del paisaje
Profundidad del suelo	Estimación del potencial productivo y de erosión	Cm; m
Infiltración y densidad aparente	Potencial y lixiviación, productividad y erosión	Min/2,5cm agua; g/cm ³
Capacidad de retención de agua	Contenido en humedad, transporte, erosión, humedad aprovechable, textura, materia orgánica	% (cm ³ /cm ³); cm humedad aprovechable/30cm; intensidad de precipitación (mm/h)
Estabilidad de agregados	Erosión potencial de un suelo, infiltración de agua	% (agregados estables)

Fuente: MINAM

Tabla 16. Indicadores Químicos

Indicadores	Relación con al funciones y condiciones del suelo	Valores o unidad relevantes
Contenido en materia orgánica	Fertilidad de suelo, estabilidad y grado de erosión, potencial productivo	kg (C ó N)/ha
pH	Actividad química y biológica	Comparación entre los límites superiores e inferiores para la actividad vegetal y microbiana
Conductividad eléctrica	Actividad microbiológica y crecimiento de plantas	dS/m; comparación entre los límites superiores e inferiores para la actividad vegetal y microbiana
N, P, K extraíbles	Disponibilidad de nutrientes para las plantas, indicadores de productividad y calidad ambiental	kg/ha; niveles suficientes para el desarrollo de los cultivos
Capacidad de intercambio catiónico	Fertilidad del suelo, potencial productivo	mol/kg

Metales pesados disponibles	Niveles tóxicos para el crecimiento de las plantas y la calidad del cultivo	Concentraciones máximas en agua de riego
-----------------------------	---	--

Fuente: MINAM

ANEXO C: Método De Muestro Según La Guía Del Suelo MINAM

Según la guía de muestro de suelos (D.S N°002 - 2013 MINAM) en el punto 1.3.4 (Muestreo de Comprobación de la Remediación (MC)) en la parte dos (Para áreas de contaminación de forma irregular menores a 1 000 m² y hasta 5 000 m²), el Número de muestras y distribución, será de una muestra por cada 15 – 20 metros lineales en las paredes del perímetro del área excavada y 2 en el fondo según la superficie (áreas menores a 1 000 m²) y 3 o 4 para áreas hasta 5 000 m², según sea el caso.

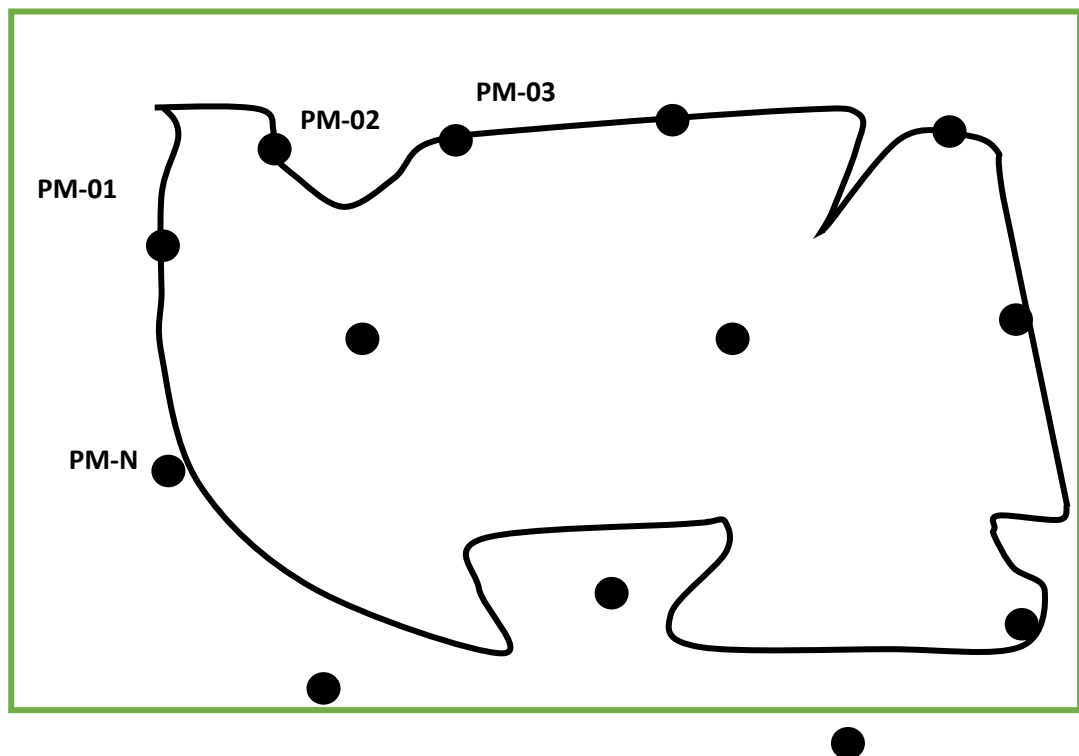




Figura 5. Esquema de muestreo de suelos para áreas de forma irregular

Fuente: MINAM

Tabla 17. Dosis de agua requerido para el *Amaranthus hybridus* L. en el tratamiento

semanas	Cantidad de dosis de agua por planta	unidad
1-4	330	ml agua/pta
5-8	533	ml agua/pta
6-12	466	ml agua/pta

Fuente: Elaboración Propia.

Dosis de agua

Calculada por la siguiente formula

$$Et_{real} = Eto \times Kc$$

Kc= al 100%

Kc₁= 0,5

Kc₂= 0,8

Kc₃= 0,7

Dónde:

Et_{rea}= Evapotranspiración real

Eto= Evaporación del suelo

Kc= Cobertura vegetal

ANEXO D

Tabla 18. Movilidad de los metales pesados en función a las condiciones de pH en el suelo

Movilidad	Ácido	Neutro y alcalino
Alta	Zn, Cu, Co, Ni, Hg, Ag, Au	---
Media	Cd	Cd
Baja	Pb	Pb
Muy baja	Al, Sn, Pt, Cr, Ag,	Al, Sn, Cr, Zn, Cu, Co, Ni, Hg, Ag, Au

Fuente: ANDRADES y MARTÍNEZ

Tabla 19. Niveles de materia orgánica (%) según textura del suelo

Arenoso	Franco	Arcilloso	Clasificación
<0,7	<1,0	<1,2	Muy bajo
0,7-1,2	1,0-1,5	1,2-1,7	Bajo
1,2-1,7	1,5-2,0	1,7-2,2	Normal
1,7-2,2	2,0-2,5	2,2-3,0	Alto
>2,2	>2,5	>3,0	Muy alto

Fuente: ANDRADES y MARTÍNEZ

Tabla 20. Concentración de los metales pesados en fertilizantes

Tabla 21.
Concentraciones de los

Fertilizante	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
	mg kg ⁻¹ masa seca					
Calcio amonio nitrato	0,31	10,5	5,0	4,7	24,6	55,0
Solución NH ₄ NO ₃ -urea	0,03	1,3	6,3	0,30	0,20	2,3
Urea	0,15	0,68	0,38	0,48	0,36	2,4
Otro fertilizante nitrogenado	0,10	6,6	5,2	10,4	1,0	4,0
Superfosfato	20,8	224	21,4	31,3	7,2	380
Otro fertilizante de P	7,5	147	15,4	15,4	1,8	225
Sal potásica	0,06	10,7	2,4	5,4	0,77	1,6
Potasio cloruro	0,10	3,3	3,4	1,3	0,65	4,1
Potasio sulfato	0,09	5,3	3,4	1,9	0,85	2,3
Calcio carbonato	0,50	6,9	8,2	4,6	7,3	58,0
Cal calcinada	0,10	19,20	11,1	6,0	2,8	15,8
Steelwork lime	0,10	50,6	4,2	2,5	7,0	8,8
Otro fertilizantes con cal	0,33	17,0	19,5	12,5	23,8	35,0
Fertilizante con NP	10,2	84,8	24,8	17,1	2,6	116
Fertilizante con PK	4,80	389	22,9	21,4	2,7	154
Fertilizante con NPK	2,4	32,0	11,8	8,9	12,0	125

Fuente: CARRASCO Adriana [et al]

metales según la Norma Mexicana (NOM-147-SEMARNAT/SSA 1-2004)

Concentraciones de referencia totales (CR_T) por tipo de uso de suelo.

Contaminante	Uso agrícola/residencial/comercial	Uso industrial
	(mg/kg)	(mg/kg)
Arsénico	22	260
Bario	5 400	67 000
Berilio	150	1900
Cadmio	37	450
Cromo Hexavalente	280	510
Mercurio	23	310
Níquel	1 600	20 000
Plata	390	5 100
Plomo	400	800
Selenio	390	5 100
Talio	5,2	67
Vanadio	78	1000

NOTA:

- a. En caso de que se presenten diversos usos del suelo en un sitio, debe considerarse el uso que predomine.
- b. Cuando en los programas de ordenamiento ecológico y de desarrollo urbano no estén establecidos los usos del suelo, se usará el valor residencial.

Fuente: NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004

ANEXO E: Análisis de los metales, nutrientes y caracterización del suelo

Tabla 22. Base de datos de los metales

METALES	L.D.M	UNIDAD	Grupo experimental		Grupo Control	
			Pre-prueba	Post-prueba	Pre-prueba	Post-prueba
			O ₁	O ₂	O ₃	sin tratamiento
						O ₄
Plata (Ag)	0.07	mg/kg	8.42	10.51	8.42	8.5
Aluminio (Al)	1.4	mg/kg	1561.2	3960.47	1561.2	1561.4
Arsénico (As)	0.1	mg/kg	734.5	667.53	734.5	735.4
Boro (B)	0.2	mg/kg	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
Bario (Ba)	0.2	mg/kg	13	19.03	13	13.8
Berilio (Be)	0.03	mg/kg	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03
Calcio (Ca)	4.7	mg/kg	71	1630.70	71	72.8
Cadmio (Cd)	0.04	mg/kg	38.63	22.35	38.63	37.98
Cerio (Ce)	0.2	mg/kg	54.4	47.13	54.4	54.1
Cobalto (Co)	0.05	mg/kg	8.86	11.63	8.86	8.9
Cromo (Cr)	0.04	mg/kg	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04
Cobre (Cu)	0.1	mg/kg	2014.2	1666.10	2014.2	2013.8
Hierro (Fe)	0.2	mg/kg	>20000	>20000	>20000	>20000

Mercurio (Hg)	0.1	mg/kg	2.8	1.90	2.8	2.6
Potasio (K)	4.3	mg/kg	198.3	885.57	198.3	197.8
Litio (Li)	0.3	mg/kg	1.3	3.37	1.3	1.5
Magnesio (Mg)	4.4	mg/kg	237	1035.00	237	237.2
Manganeso (Mn)	0.05	mg/kg	239.89	1179.67	239.89	239.65
Molibdeno (Mo)	0.2	mg/kg	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
Sodio (Na)	2.3	mg/kg	31.2	189.60	31.2	30.8
Níquel (Ni)	0.06	mg/kg	<0.06	<0.06	<0.06	<0.06
Fósforo (P)	0.3	mg/kg	115.2	530.87	115.2	114.8
Plomo (Pb)	0.06	mg/kg	262.16	261.97	262.16	262.93
Antimonio (Sb)	0.2	mg/kg	106.4	59.53	106.4	106.1
Selenio(Se)	0.3	mg/kg	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3
Estaño (Sn)	0.1	mg/kg	10	8.43	10	9.8
Estroncio (Sr)	0.1	mg/kg	3	10.93	3	3.1
Titanio (Ti)	0.03	mg/kg	14.87	25.17	14.87	14.98
Talio(Tl)	0.3	mg/kg	1.6	2.10	1.6	1.7
Vanadio (V)	0.04	mg/kg	6.14	10.46	6.14	6.25
Zinc (Zn)	0.2	mg/kg	112.5	163.83	112.5	112.8

Fuente: Servicios Analíticos Generales S.A.

Tabla 23. Análisis de los nutrientes del suelo

METALES	Grupo experimental		Grupo control	
	Pre-prueba	Post-prueba	Pre-prueba	Post-prueba
	O ₁	O ₂	O ₃	O ₄
MACRONUTRIENTES				
Potasio (K)	198.3	885.57	198.3	197.8
Fósforo (P)	115.2	530.87	115.2	114.8
Magnesio (Mg)	237	1035	237	237.2
MICRONUTRIENTES				
Boro (B)	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
Hierro (Fe)	>20000	>20000	>20000	>20000
Calcio (Ca)	71	1630.7	71	72.8
Manganeso (Mn)	239.89	1179.67	239.89	239.65
Molibdeno (Mo)	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
Zinc (Zn)	112.5	163.83	112.5	112.8
Sodio (Na)	31.2	189.6	31.2	30.8
Cobalto (Co)	8.86	11.63	8.86	8.9
Vanadio (V)	6.14	10.46	6.14	6.25

Fuente: Servicios Analíticos Generales S.A.

Tabla 24. Caracterización del suelo

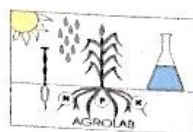
Muestra N°	MO %	P ppm	K ppm	Ph 1:1	% Saturación	CE _{ES} Ms/cm (estimado)
1	3.40	21.86	29.58	3.05	47.0	9.709

Fuente: AGROLAB

ANEXO F: Reporte de los análisis de laboratorio

AGROLAB

Los análisis de suelos son la base de una buena fertilización,
y de una alta producción



Fue
nte:
AG
RO
LA
B

Remitente : CYNTHIA LLANOS GOSGOT
Lugar : Shorey Chico, Quiruvilca
Fecha de Recepción: 12/ Junio / 2017
Fecha de Análisis : 15/ Junio / 2017

ANÁLISIS DE FERTILIDAD DEL SUELO

MUESTRA Nº	M.O. %	P ppm	K ppm	pH 1:1	% SATURAC.	CE _{ES} mS/cm (Estimado)	CaCO ₃ %
1	3.40	21.86	29.58	3.05	47.0	9.708	0.00

ANÁLISIS TEXTURAL y CAPACIDAD TOTAL DE CAMBIO

MUESTRA Nº	PORCENTAJE DE PARTÍCULAS			TEXTURA (U.S.D.A.)	C.T.C. meq/100g
	ARENA	LIMO	ARCILLA		
1	62.77	32.85	4.88	Franco arenoso	4.32

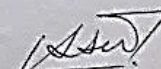

Ing. M. Sc. Sergio Valdivia Vega
EXPERTO EN SUELOS

Figura 6. Análisis de caracterización del suelo del sector Shorey

**SAG**

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA
CON REGISTRO N° LE-047



INFORME DE ENSAYO N° 115604-2017 CON VALOR OFICIAL

II. RESULTADOS

Producto declarado	Suelo		
Matriz analizada	Suelo		
Fecha de muestreo	2017-09-26		
Hora de inicio de muestreo (h)	14:40		
Condiciones de la muestra	Conservada		
Código del Cliente	CG917		
Código del Laboratorio	17092626		
Ensayo	L.D.M.	Unidades	Resultados
Metales			
Plata (Ag)	0.07	mg/kg	8.42
Aluminio (Al)	1.40	mg/kg	1561.2
Arsénico (As)	0.10	mg/kg	734.5
Boro (B)	0.20	mg/kg	<0.2
Bario (Ba)	0.20	mg/kg	1.3
Berilio (Be)	0.00	mg/kg	<0.03
Calcio (Ca)	4.70	mg/kg	71
Cadmio (Cd)	0.04	mg/kg	38.63
Cerio (Ce)	0.2	mg/kg	94.4
Cobalto (Co)	0.05	mg/kg	8.86
Cromo (Cr)	0.04	mg/kg	<0.04
Cobre (Cu)	0.10	mg/kg	2014.2
Hierro (Fe)	0.20	mg/kg	>20000
Mercurio (Hg)	0.10	mg/kg	2.8
Potasio (K)	4.30	mg/kg	188.3
Litio (Li)	0.30	mg/kg	1.3
Magnesio (Mg)	4.4	mg/kg	237
Manganeso (Mn)	0.05	mg/kg	239.89
Niobio (Nb)	0.2	mg/kg	<0.2
Sodio (Na)	2.3	mg/kg	31.2
Niquel (Ni)	0.06	mg/kg	<0.06
Fósforo (P)	0.3	mg/kg	115.2
Plomo (Pb)	0.06	mg/kg	262.18
Antimonio (Sb)	0.2	mg/kg	106.4
Selenio (Se)	0.3	mg/kg	<0.3
Estanho (Sn)	0.1	mg/kg	10
Paladacio (Sr)	0.1	mg/kg	9
Titanio (Ti)	0.03	mg/kg	14.87
Taio (Tl)	0.3	mg/kg	1.8
Vanadio (V)	0.04	mg/kg	6.14
Zinc (Zn)	0.2	mg/kg	112.5

L.D.M.: límite de detección del método.

Lima, 12 de Octubre del 2017

Quím. Bibeth Y. Fajardo León
C.Q.P. N° 648
Asesor Técnico Químico

EXPERTS
WORKING
FOR YOU

* El método utilizado no ha sido acreditado por INACAL-DA

SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. (SM2129-APHA-WWA-MET. 22nd. Edition 2012). EPA, U.S. Environmental Protection Agency. ASTM: American Society for Testing and Materials. NTP: Norma Técnica Peruana OBSERVACIONES: Esta prohibición la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de Servicios Analíticos Generales S.A.C. Solo es válido para las muestras referidas en el presente informe. Las muestras serán conservadas de acuerdo al período de validez del método analizado con un máximo de 30 días calendario de haber ingresado la muestra al laboratorio. NOTA: Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.

Laboratorio Av. Naciones Unidas N° 1555 - Urb. Chacra Río Norte - Lima 01 - Perú, Central Telefónica (511) 425-7227 - 425-6885 - 425-5564 - 425-6047 | MÓVIL 954 978 442
Website www.sagperu.com Contacto Electrónico sagperu@sagperu.com | laboratorio@sagperu.com

Página 2 de 2

Cod. FICM/Mod. 06/15/06/2015

**SAG**

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA
CON REGISTRO N° LE-047



Registro N° LE-047

INFORME DE ENSAYO N° 116062-2017 CON VALOR OFICIAL

II. RESULTADOS

Producto declarado			Suelo	Suelo	Suelo
Matriz analizada			Suelo	Suelo	Suelo
Fecha de muestreo			2017-10-16	2017-10-16	2017-10-16
Hora de inicio de muestreo (h)			16:12	16:20	16:30
Condiciones de la muestra			Conservada	Conservada	Conservada
Código del Cliente			CGR1	CGR2	CGR3
Código del Laboratorio			17101388	17101389	17101390
Ensayo	L.D.M.	unidades	Resultados		
Metales					
Plata (Ag)	0.07	mg/kg	10.91	10.1	10.53
Aluminio (Al)	1.40	mg/kg	4186.2	3709.1	3986.1
Arsénico (As)	0.10	mg/kg	691.3	676.8	634.5
Boro (B)	0.20	mg/kg	<0.2	<0.2	<0.2
Bario (Ba)	0.20	mg/kg	18.1	18.7	20.3
Berilio (Be)	0.06	mg/kg	<0.03	<0.03	<0.03
Calcio (Ca)	4.70	mg/kg	1678.6	1246.9	1866.6
Cadmio (Cd)	0.04	mg/kg	22.39	23.06	21.59
Cerio (Ce)	0.2	mg/kg	49	46.1	46.3
Cobalto (Co)	0.05	mg/kg	13.01	10.3	11.58
Cromo (Cr)	0.04	mg/kg	<0.04	<0.04	<0.04
Cobre (Cu)	0.10	mg/kg	1731.8	1633	1633.5
Hierro (Fe)	0.20	mg/kg	>20000	>20000	>20000
Mercurio (Hg)	0.10	mg/kg	1.8	2	1.9
Potasio (K)	4.30	mg/kg	734.5	861	1041.2
Litio (Li)	0.30	mg/kg	3.5	3.2	3.4
Magnesio (Mg)	4.4	mg/kg	1024.7	902.72	1177.59
Manganeso (Mn)	0.05	mg/kg	1458.7	902.72	1177.59
Molibdeno (Mo)	0.2	mg/kg	<0.2	<0.2	<0.2
Sodio (Na)	2.3	mg/kg	183.1	178.7	207
Níquel (Ni)	0.06	mg/kg	<0.06	<0.06	<0.06
Fósforo (P)	0.3	mg/kg	539.6	422.9	631.1
Plomo (Pb)	0.06	mg/kg	262.05	261.99	261.89
Antimonio (Sb)	0.2	mg/kg	60.8	56.8	61
Selenio (Se)	0.3	mg/kg	<0.3	<0.3	<0.3
Estaño (Sn)	0.1	mg/kg	8.5	8.2	8.6
Estroncio (Sr)	0.1	mg/kg	11.1	8.7	13
Titanio (Ti)	0.03	mg/kg	23.6	22.68	28.23
Talio (Tl)	0.3	mg/kg	2.4	1.9	2
Vanadio (V)	0.04	mg/kg	10.39	10.7	10.3
Zinc (Zn)	0.2	mg/kg	175.4	146.9	169.2

L.D.M.: límite de detección del método.

Quím. Balbino Y. Fajardo León
C.Q.P. N° 648
Asesor Técnico Químico

EXPERTS
WORKING
FOR YOU

Cod. FI 02/Version: 001/F-06/2015

* El método indicado no ha sido acreditado por INACAL-DA.

SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, (SMEWW)-APHA-VWA-WWE, 22nd, Edition 2012. EPA: U.S. Environmental Protection Agency. ASTM: American Society for Testing and Materials. NTP: Norma Técnica Peruana OBSERVACIONES: Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de Servicios Analíticos Generales S.A.C. Solo es válido para las muestras referidas en el presente informe. Las muestras serán conservadas de acuerdo al período de preservación del parámetro analizado con un máximo de 30 días, salvo indicación de haber ingresado la muestra al laboratorio. NOTA: Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.

Laboratorio Av. Naciones Unidas N° 1555 - Urb. Chacra Río Norte - Lima 01 - Perú, Central Telefónica (511) 425-7227 - 425-6885 - 425-5564 - 425-6047 | MÓVIL 984 976 442
WebSite: www.sagperi.com Contacto Electrónico: sagperi@sagperi.com | laboratorio@sagperi.com

Página 2 de 2

**SAG**

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA
CON REGISTRO N° LE-047



Región PUC-01

INFORME DE ENSAYO N° 116604-2017 CON VALOR OFICIAL

II. RESULTADOS

Producto declarado		Suelo	
Matriz analizada		Suelo	
Fecha de muestreo		2017-10-30	
Hora de inicio de muestreo (h)		15:05	
Condiciones de la muestra		Conservada	
Código del Cliente		CGRD4	
Código del Laboratorio		17102628	
Ensayo	L.D.M.	unidades	Resultados
Metales			
Plata (Ag)	0.07	mg/kg	8.5
Aluminio (Al)	1.40	mg/kg	1561.4
Arsénico (As)	0.10	mg/kg	735.4
Boro (B)	0.20	mg/kg	<0.2
Bario (Ba)	0.20	mg/kg	13.8
Berilio (Be)	0.00	mg/kg	<0.03
Calcio (Ca)	4.70	mg/kg	72.8
Cadmio (Cd)	0.04	mg/kg	37.98
Cerio (Ce)	0.3	mg/kg	54.1
Cobalto (Co)	0.05	mg/kg	8.9
Cromo (Cr)	0.04	mg/kg	<0.04
Cobre (Cu)	0.10	mg/kg	2013.6
Hierro (Fe)	0.20	mg/kg	>20000
Mercurio (Hg)	0.10	mg/kg	2.6
Polonio (Po)	4.30	mg/kg	197.8
Litio (Li)	0.30	mg/kg	1.5
Magnesio (Mg)	4.4	mg/kg	237.2
Manganeso (Mn)	0.05	mg/kg	239.65
Molibdeno (Mo)	0.2	mg/kg	<0.2
Sodio (Na)	2.3	mg/kg	30.8
Níquel (Ni)	0.06	mg/kg	<0.06
Fósforo (P)	0.3	mg/kg	114.8
Plomo (Pb)	0.06	mg/kg	262.93
Antimonio (Sb)	0.3	mg/kg	106.1
Selenio (Se)	0.3	mg/kg	<0.3
Estanho (Sn)	0.1	mg/kg	9.8
Estroncio (Sr)	0.1	mg/kg	3.1
Titanio (Ti)	0.05	mg/kg	14.98
Talio (Tl)	0.3	mg/kg	1.7
Vanadio (V)	0.04	mg/kg	6.05
Zinc (Zn)	0.2	mg/kg	112.0

L.D.M.: límite de detección del método.

Quím: **Belbeth Y. Fajardo León**
C.Q.P. N° 648
Asesor Técnico Químico

EXPERTS
WORKING
FOR YOU

Cod. 41.02 Versión: 06/11/2015

* El método incluido ha sido acreditado por INACAL-DA.

SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, (SMEWW)-APHA-AWWA-MFE 22nd, Edition 2012, EPA: U.S. Environmental Protection Agency, ASTM: American Society for Testing and Materials, NTP: Norma Técnica Peruana.

OBSERVACIONES: Está prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin el consentimiento escrito de Servicios Analíticos Generales S.A.C. Solo es válido para las muestras referidas en el presente informe. Las muestras serán conservadas de acuerdo al período de preservación del parámetro analizado con un máximo de 30 días calendario de haber ingresado la muestra al laboratorio.

NOTA: Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Página 2 de 2

SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.

Laboratorio Av. Naciones Unidas N° 1555 - Urb. Chazra Ríos Norte - Lima 01 - Perú, Central Telefónica (511) 425-7227 - 425-6885 - 425-5954 - 425-6047 | MÓVIL 994 976 442
Website www.sagperu.com Contacto Electrónico sagperu@sagperu.com | laboratorio@sagperu.com

ANEXO G: Registro fotográfico



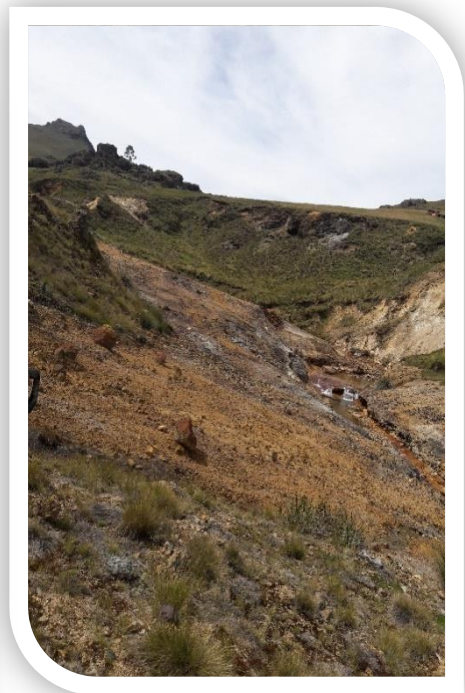
Figura 7. Identificación de la población con un área total de 4894.67 m²

Fuente:
Propia

Figura 8. Especie *Amaranthus hybridus*, L del sector Shorey chico, distrito de Quiruvilca, provincia de Santiago de Chuco



Figura 9.
Toma de la Muestra para los análisis



Fuente: Propia



Figura 10. Semillas del *Amaranthus hybridus*.L

Propia

Fuente:



Figura 11. Micorrizas obtenidas de la raíz del Medicago sativa

Fuente: Propia



Figura 12. Especie *Amaranthus híbridus* recién sembrada más micorrizas en el suelo contaminación por metales pesados

Fuente: Propia



Figura 13. Especie *Amaranthus híbridus* a los tres meses de ser sembrada más micorrizas en el suelo contaminación por metales pesados.

Fuente: Propia



Figura14.Especie *Amaranthus híbrido*s a los tres meses y 2 semanas de ser sembradas más micorrizas en el suelo contaminado por metales pesados

Fuente: Propia

Certificado



La Dirección de Acreditación del Instituto Nacional de Calidad – INACAL, en ejercicio de las atribuciones conferidas por Ley N° 30224, Ley de Creación del INACAL, y conforme al Reglamento de Organización y Funciones del INACAL, aprobado por DS N° 004-2015-PRODUCE y modificado por DS N° 008-2015-PRODUCE,

OTORGA la presente Renovación de la Acreditación a:

Servicios Analíticos Generales S.A.C.

En su calidad de **Laboratorio de Ensayo**

Servicios Analíticos Generales S.A.C.

Con base en el cumplimiento de los requisitos establecidos en la norma NTP-ISO/IEC 17025:2006 Requisitos Generales para la Competencia de los Laboratorios de Ensayo y Calibración, para el alcance de la acreditación contenido en el formato DA-acr-05P-17F, facultándolo a emitir Informes de Ensayo con Valor Oficial.

Sede Acreditada: Naciones Unidas N° 1565, Urb. Chacra Ríos Norte, distrito de Cercado de Lima, provincia de Lima y departamento de Lima.

Fecha de Renovación: 17 de junio de 2016

Fecha de Vencimiento: 17 de junio de 2020

Registro N° LE - 047
Fecha de emisión: 09 de agosto de 2016
DA-acr-01P-02M Ver. 00


Augusto Mello Romero
Director - Dirección de Acreditación

